

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de
novilhas leiteiras criadas a pasto**

Elisabete Maria Mellace

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Física do
Ambiente Agrícola

Piracicaba
2009

Elisabete Maria Mellace
Engenheira Agrônoma

Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto

Orientador:

Prof. Dr. IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Física do Ambiente Agrícola

Piracicaba
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Mellace, Elisabete Maria

Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto / Elisabete Maria Mellace. - - Piracicaba, 2009.
95 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Bovinos leiteiros 2. Conforto ambiental 3. Novilhos 4. Pastagens 5. Sombreamento I.
Título

CDD 636.214
M524e

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A minha mãe,

Ivone G. V. Mellace,

Que me incentivou e apoiou em todos os momentos de minha vida e mobilizou todos os esforços para que eu pudesse concretizar meus objetivos.

Pelas palavras de incentivo e ânimo,

Pelo apoio nesta etapa da minha vida,

Por me mostrar que nunca estou sozinha.

Mãe, muito obrigada por tudo, te amo!

Ao meu orientador,

Professor Iran José Oliveira da Silva, por ter acreditado em meu potencial e aceitado ensinar-me e orientar-me e, principalmente, por tornar este sonho possível e concreto. Terei sempre lembranças de sua competência e profissionalismo. Agradeço sua confiança e amizade. Serei eternamente grata, por me orientar para a titulação e para a vida. Meu muito obrigada!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado a vida, saúde e condições para enfrentar e superar todos os obstáculos encontrados no caminho.

Agradecimento especial aos amados e queridos amigos Natalia Risi e Rofson Falcão, pelo exemplo de competência profissional, por dividirem comigo as dificuldades e alegrias deste processo, por acreditarem em mim, mesmo quando todos se mostravam contra, a parceria e ajuda incansável na execução deste trabalho. A vocês amigos que deixo, com muito pesar, mas certa de que construirão carreiras brilhantes, sou eternamente grata. Muito obrigada!

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, pela oportunidade da realização deste curso.

À FAPESP pela concessão da bolsa e financiamento da pesquisa desenvolvida. Ao Departamento de Zootecnia, Centro de Treinamento da ESALQ-USP, pela colaboração para a realização deste trabalho, em especial ao Dr. Marco Antônio Penatti e ao professor Dr. Flávio Augusto Portela dos Santos. A todos os funcionários do Centro de Treinamento da ESALQ-USP, Tim, Neco e Agenor.

Ao Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP, em especial ao senhor Hélio, sempre presente e pronto a ajudar.

Ao programa de Física do Ambiente Agrícola e seus professores que de alguma forma fizeram parte desta etapa da minha vida, em especial ao professor Sergio Oliveira Moraes, pela incansável colaboração para execução deste trabalho, e ao querido professor Jarbas Honório de Miranda.

Ao ilustre Professor Roberto Gomes da Silva, pelas sugestões, um exemplo do que é ser um pesquisador e um grande mestre.

Aos colegas e amigos do Núcleo de Pesquisa em Ambiente (NUPEA), Fred, Zeca, Sheiloca, Giselle, Malu, Sula, Claiton e Professora Késia, que de alguma forma me ajudaram e me incentivaram.

Aos estagiários, sem os quais nada seria possível, Abili, Euclides, Eminem, Kibão, Garça e Dicinema.

A minha grande amiga Vera que, com muita paciência, sempre me incentivou a continuar, mesmo nas horas em que não acreditava mais, meu eterno agradecimento pela sua amizade, companheirismo e apoio. Por compartilhar as minhas angústias, por dividir sorrisos, obrigada por tudo!

Aos meus amados afilhados Karyn, Marina, Arthur e Carol com seus sorrisos, amor, carinho e alegria de viver sempre me trazendo de volta a vontade de continuar, por me devolvem sempre a garra para continuar, amo vocês!

A todos os meus sobrinhos que sempre enchem minha vida de alegria e amor.

Ao meu irmão e cunhada, Mauricio e Sandra, pelo apoio e torcida sempre muito incentivadores.

À amiga, professora e grande exemplo na minha formação acadêmica, Andréa Dantas que, além de muito me ensinar, sempre me encorajou na realização deste sonho.

Aos professores Gerson Barreto Mourão, Carlos Tadeu dos Santos Dias e à colega de pós-graduação Édila Cristina de Souza, pela competência, profissionalismo, atenção e paciência no tratamento dos dados.

A minha amiga Aérica que, no momento em que achei ser incapaz, me devolveu o ânimo e me fez acreditar que “Tudo posso naquele que me fortalece”.

A minha querida Valéria Cristina Rodrigues, que, por três anos em que passamos lado a lado, tivemos altos e baixos, mas o amor que construímos jamais se abalou. Muito obrigada por me ensinar tanto, sempre com muita paciência e bom humor.

A Maris pelas sugestões sempre muito pertinentes, colaborando sempre para a conclusão deste trabalho.

À querida Dona Eva, que, com muito carinho, me acolheu em seu lar e em seu coração.

Ao veterinário Neto com bom humor e boa vontade sempre pronto a ajudar.

Agradecer é preciso...

Uma pesquisa jamais é realizada individualmente. Ao longo de seu processo há envolvimento e diversas colaborações. Por isso, deixo aqui o meu imenso agradecimento a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 O ambiente tropical e a produção de leite.....	19
2.2 Bem-estar animal e estresse térmico	19
2.3 Zona de conforto	21
2.4 Fisiologia animal.....	23
2.4.1 Homeotermia.....	23
2.4.2 Mecanismos de dissipação de calor.....	24
2.4.3 Frequência respiratória.....	24
2.4.4 Temperatura de superfície	25
2.5 Sombra.....	27
2.5.1 Efeito da sombra nas respostas fisiológicas.....	27
2.5.2 Uso do sombreamento	29
2.5.3 Sombra natural.....	31
2.5.4 Sombreamento artificial.....	33
2.6 Temperatura de globo negro	37
2.7 Comportamento.....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Caracterização e manejo dos animais	39
3.2 Tipologia do sombreamento	40
3.3 Tratamentos	41
3.4 Variáveis respostas	44
3.4.1 Variável ambiental	44
3.4.2 Variáveis fisiológicas	46
3.4.3 Variáveis comportamentais	47
3.4.4 Avaliação dos resultados.....	49

3.4.4.1 Delineamento experimental	49
3.4.4.2 Análise dos dados.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Ambiente físico	51
4.1.2 Temperatura de globo negro (Tgn)	52
4.2 Variáveis fisiológicas.....	56
4.2.1 Efeito de diferentes áreas de sombreamento na frequência respiratória.....	56
4.2.2 Temperatura de superfície (TS)	60
4.2.3 Correlações	63
4.2.4 Comportamento	65
4.2.4.1 Uso da sombra.....	65
4.2.4.2 Análise comportamental do posicionamento dos animais	70
4.2.4.3 Análise comportamental da atividade realizada pelos animais.....	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
6 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS	85

RESUMO

Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto

Este estudo teve como objetivo avaliar e quantificar o efeito do sombreamento artificial proporcionado por diferentes áreas de sombra sobre a fisiologia e o comportamento de novilhas leiteiras, em ambiente de pastagens. A pesquisa foi realizada no período de fevereiro a abril de 2008. A área experimental foi dividida em 20 parcelas adjacentes com 84m² para os tratamentos 1, 2 e 3 e com 70m² para os tratamentos 4 e 5. Foram comparados a testemunha (tratamento 1, sem sombra) com 4 áreas de sombreamento por animal, tratamento 2 (com 1,5m²), tratamento 3 (3,0m²), tratamento 4 (5,0m²) e tratamento 5 (8,0m²). As dimensões dos abrigos foram 1,0m x 1,5m x 3,5m (largura, comprimento e altura) (1,5m² de sombra.animal⁻¹), 1,5m x 2,0m x 3,5m (3,0m² de sombra.animal⁻¹), 2,0m x 2,5m x 3,5m (5,0m² de sombra.animal⁻¹) e 2,0m x 4,0m x 3,5m (8,0m² de sombra.animal⁻¹), sem paredes laterais. Foram utilizadas 20 novilhas mestiças, 3/4 Jersey, 1/2 Holandesa e Jersey e Holandesas puras, com idade entre 12 e 25 meses e peso médio variando de 240 a 360kg, pareadas em função da uniformidade de peso e idade. As novilhas permaneciam em piquetes de *Penisetum purpureum* e complementação da dieta no cocho, durante a noite e após as 8:00 horas eram conduzidas para as parcelas. A T_{gn} foi registrada por um minidatalogger da marca LOGEN LS 8856 ALPAX. As variáveis meteorológicas foram obtidas no posto agrometeorológico da ESALQ/USP. Durante nove dias não consecutivos foram registradas FR e TS. As observações comportamentais foram realizadas em dias não consecutivos (nove dias) no período das 10:00 às 16:00 horas pelo método focal. As condições ambientais em 66,7% do período da pesquisa foram em condição de estresse térmico para as novilhas. Os valores de FR e TS foram menores sob a maior área de sombra (P<0,05) e semelhantes entre os 1,5m², 3,5m² e 5,0m² (P>0,05). Houve correlação da T_{gn} com a FR e a TS. Não foram observadas alterações comportamentais entre os tratamentos, os animais ficaram sob as sombras nas horas mais quentes do dia, preferencialmente em pé, o comportamento seguiu os padrões conhecidos para bovinos. Para novilhas leiteiras a melhor área de sombreamento artificial é de 3m².

Palavras-chave: Conforto térmico; Gado de leite; Sombra

ABSTRACT

Artificial shadow area efficiency in milk heifers welfare in pastures

This study had as objective to evaluate and quantify the effect of artificial shading proportioned by different shadow areas under physiology and behavior of milk heifers, in pastures. Research was realized in the period from February to April, 2008. Experimental area was divided in 20 adjacent parcels with 84m² to treatments 1, 2 and 3 and with 70m² to treatments 4 and 5. Were compared witness (treatment 1, no shadow) with 4 shading areas per animal, treatment 2 (with 1,5 m²), treatment 3 (3,0 m²), treatment 4 (5,0 m²) and treatment 5 (8,0 m²). Shelters dimensions were 1,0m x 1,5m x 3,5m (width, length and height) (1,5m² of shade.animal⁻¹), 1,5m x 2,0m x 3,5m (3,0m² of shade.animal⁻¹), 2,0m x 2,5m x 3,5m (5,0m² of shade.animal⁻¹) and 2,0m x 4,0m x 3,5m (8,0m² of shade.animal⁻¹), without walls in the sides. Twenty crossbred heifers were used, 3/4 Jersey, 1/2 Holstein and pure Jersey and Holstein, with ages among 12 and 25 months and average weight varying from 240 to 360 kg, paired in function of weight and age uniformity. Heifers remained in *Penissetum purpureum* paddocks and had a diet complementation in the trough, during the period of night and after 8:00am they were conducted to the parcels. Tgn was registered by a minidatalogger from LOGEN LS 8856 ALPAX trend. Meteorological variables were obtained in the agrometeorological post from ESALQ/USP. During nine non consecutive days were registered FR and TS. Behavioral observations were realized in non consecutive days (nine days) in the period from 10:00am to 16:00pm by the focal method. 66,7% of environmental conditions in the period of research were in thermal stress conditions to the heifers. Values of FR and TS were minor under the major area of (P<0,05) and similar among 1,5m², 3,5m² and 5,0m² (P>0,05). There was a correlation of Tgn with FR and TS. Behavioral alterations among the treatments were not observed, animals stayed under the shadow in the hotter hours of the day, preferably on foot, behavior followed the known patters to bovine. For milk heifers the better of artificial shading area is 3m².

Keywords: Milk bovine; Thermal comfort; Shadow

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista geral dos animais utilizados na pesquisa	39
Figura 2 – Vista frontal dos piquetes com identificação colorida, de acordo com o grupo de animais.....	40
Figura 3 – Caracterização da estrutura de sombreamento utilizada	41
Figura 4 – Caracterização da estrutura de sombreamento utilizada (a) – Tratamento sem sombra; (b) – Tratamento com 1,5 m ² de sombra por animal; (c) – Tratamento com 3,0 m ² de sombra por animal; (d) – Tratamento com 5,0 m ² de sombra por animal; (e) – Tratamento com 8,0 m ² de sombra por animal	42
Figura 5 – Planta baixa do campo experimental	43
Figura 6 – Software Sombra 2.1.1.1 RC (CASTANHEIRA; COSTA, 2003)	44
Figura 7 – Sensor acoplado a um minidatalogger “ALPAX” para coleta de temperatura de globo °C.....	45
Figura 8 – (a) - Posicionamento dos globos negros a sombra; (b) - posicionamento dos globos negros ao sol (trat. 1).....	45
Figura 9 – (a) - Termômetro de infravermelho utilizado para medidas de temperatura superficial, marca FLUKE modelo 66/68; (b) – Sequência de varredura da temperatura média superficial. I - pescoço, II - dorso, III - lombo, IV - garupa, V - coxa e VI - costela	46
Figura 10 – (a) – Animal em pé em ócio ou ruminando; (b) – Animal em pé comendo; (c) – Animal deitado em ócio ou ruminando	48
Figura 11 – (a) – Animal exposto totalmente ao sol; (b) – Animal exposto a sombra.....	49
Figura 12 – Médias de temperatura de globo negro de acordo com cada tratamento ...	53
Figura 13 – Perfil da temperatura de globo negro média com e sem sombra.....	53
Figura 14 - Redução de temperatura de globo de acordo com o aumento da área de sombra	55
Figura 15 – Valores médias de frequência respiratória de acordo como os tratamentos, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (p< 0,05) pelo teste de Tukey	59
Figura 16 – Valores médios de frequência respiratória registradas nos horários de coletas para os cinco tratamentos.....	60

Figura 17 – Valores de TS obtidos nas diferentes áreas de sombra, médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey	61
Figura 18 – Distribuição da porcentagem de posição à sombra e ao sol em função dos tratamentos.....	66
Figura 19 – Distribuição da freqüência de posição a sombra e ao sol no total de todas observações	67
Figura 20 – Distribuição horária da freqüência de posição à sombra e ao sol, todos os tratamentos.....	68
Figura 21 – Distribuição horária da permanência dos animais à sombra nos diferentes tratamentos.....	68
Figura 22 – Distribuição da posição à sombra e ao sol, nas faixas de temperatura	69
Figura 23 – Porcentagem de novilhas, deitados ou em pé, de acordo com cada tratamento.....	71
Figura 24 - Distribuição da freqüência de permanência dos animais na posição deitado nos diferentes tratamentos à sombra	72
Figura 25 – Porcentagem das ocorrências de novilhas expostas ao sol e à sombra nas posições em pé e deitada nos diferentes tratamentos.....	72
Figura 26 – Distribuição horária da freqüência de permanência dos animais na posição em pé e deitado	73
Figura 27 – Análise geral dos animais estudados em diferentes atividades durante a pesquisa	74
Figura 28 – Distribuição horária da freqüência das ocorrências de atividades: ingestão de água (bebendo), caminhando, comendo (pastejando), ócio e ruminando	75
Figura 29 – Distribuição da freqüência de atividade em ócio a sombra em função dos tratamentos.....	76
Figura 30 – Distribuição da freqüência de atividade em ócio ao sol em função dos tratamentos.....	76
Figura 31 – Distribuição da freqüência de atividade ruminando a sombra em função dos tratamentos.....	77
Figura 32 – Distribuição horária da freqüência de permanência dos animais em atividade de comer	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas de zona termoneutra de acordo com diversos autores	22
Tabela 2 – Áreas de sombra delimitadas por diversos autores.....	36
Tabela 3 – Características dos lotes de acordo com a idade e o peso	40
Tabela 4 – Áreas de sombra aplicada a cada tratamento	41
Tabela 5 – Dimensão dos piquetes e área sombreada	44
Tabela 6 – Modelo do etograma de trabalho adotado.....	47
Tabela 7 – Valores médios diários das variáveis climáticas durante o período da pesquisa.....	51
Tabela 8 – Análise de interação entre os tratamentos, por meio do teste de Tukey, para as médias da Tgn.....	52
Tabela 9 – Resultado das reduções de Tgn em °C e em % de reduções promovidas pela aplicação das diferentes áreas de sombra em comparação ao tratamento testemunha.....	55
Tabela 10 – Faixas de frequência respiratória (FR mov.min ⁻¹) de acordo com a literatura	57
Tabela 11 – Frequência respiratória obtida por diversos autores com o oferecimento de diferentes áreas de sombra.....	58
Tabela 12 – Reduções na TS encontrada por alguns autores, quando foi oferecido algum tipo de sombreamento aos animais.....	63
Tabela 13 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a temperatura de globo negro (Tgn) e as variáveis fisiológicas (Frequência respiratória e temperatura de superfície) durante o período experimental.....	64
Tabela 14 – Porcentagens de atividades realizadas pelas novilhas nos diferentes tratamentos	78

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a produção de leite no Brasil vem passando por um processo de especialização nas áreas da genética, reprodução e nutrição, objetivando a obtenção de animais mais produtivos. Esse processo aconteceu numa velocidade acelerada, gerando animais mais exigentes, com altas taxas metabólicas, alta produção de calor endógeno e, conseqüentemente, menos resistentes aos efeitos das condições ambientais e mais sensíveis aos agentes estressores como temperatura ambiente, radiação solar incidente e todas as variáveis que compõem o ambiente de produção.

Segundo levantamento do Milkpoint (2008), entre os cem maiores produtores nacionais de leite, 14% adotam o sistema de produção a pasto e 47% o sistema semi-confinado, totalizando 61% dos sistemas de produção de leite utilizando pastejo e 39% confinamento total, com uma produção média de 19, 22 e 29kg.leite.vaca.dia⁻¹ respectivamente.

O Brasil encontra-se, com a maior parte do seu território, na faixa tropical, onde a temperatura média anual excede a temperatura de conforto para a produção de bovinos leiteiros, o que torna o estresse calórico um dos principais agravantes na produção no país. Medidas que amenizem essa situação de desconforto devem ser adotadas.

Em épocas em que o aquecimento global e as mudanças climáticas estão cada vez mais acentuados, tornam-se necessárias medidas de médio e baixo custo que possam auxiliar os produtores nos controles dos problemas térmicos.

Para evitar as perdas e disponibilizar energia para a produção, mecanismos de manejo devem ser propostos com o objetivo de maximizar os ganhos dos animais em produção, principalmente se estes se encontrarem em sistema de criação a pasto. Um dos mecanismos importantes na produção de leite a pasto é o uso do sombreamento.

O sombreamento para vacas leiteiras visa a oferecer ao animal condições ideais de conforto, para sua melhor sobrevivência. O uso do sombreamento, apesar de ser uma temática bastante conhecida no meio científico, apresenta informações as quais nem sempre abordam os aspectos físicos relacionados às estruturas de sombreamento. Não se questionam os benefícios do sombreamento na produção, mas não há, de forma direta, indicações que possam direcionar o produtor na escolha do mesmo. A

partir da seleção do material de cobertura até o melhor dimensionamento do abrigo existem lacunas a serem respondidas.

As informações sobre sombreamento apresentam uma miscelânea sobre qual é a área mínima ideal de sombra por animal. Em se tratando de animais jovens, no caso novilhas, as informações são ainda mais reduzidas. A variabilidade espacial vai de 1,5m² a 16m² de sombra por animal, o que evidencia a falta de precisão das informações. Deve-se considerar que o produtor rural necessita de informações mais precisas para que possa ser determinada uma área efetiva de sombra com o objetivo de otimizar o custo e o manejo da ambiência a pasto.

Baseando-se nas considerações realizadas anteriormente, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar e recomendar a área ideal de sombreamento para novilhas leiteiras em condições de clima tropical a pasto, baseando-se em análise física do ambiente, características fisiológicas e comportamentais dos animais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ambiente tropical e a produção de leite

Cerca de dois terços do território brasileiro situam-se na faixa tropical do planeta, onde há predominância de alta exposição à radiação solar e por conseqüência alta temperatura. As temperaturas médias anuais ficam acima de 20°C, com máximas superiores a 30°C, muitas vezes atingindo temperaturas entre 35 e 38°C (TITTO, 1998). Em regiões intertropicais, como o Brasil, localizadas a 23° 27” de latitude sul (Trópico de Capricórnio) e 23° 27” norte (Trópico de Câncer), o sol posiciona-se, pelo menos em uma época do ano, perpendicular em relação à superfície terrestre. Devido a esta característica, a intensidade da radiação solar é maior que em regiões temperadas, principalmente no verão, entretanto esta intensidade de radiação diminui acentuadamente no inverno (SILVA, 2006).

Para Leme et al. (2005), animais de raças especializadas para produção de leite, selecionados em regiões temperadas, são pouco adaptados às condições climáticas de zonas tropicais, o que constitui um dos maiores problemas de produtividade em algumas regiões brasileiras produtoras de leite.

2.2 Bem-estar animal e estresse térmico

Para Broom e Molento (2004), bem-estar é o estado do indivíduo ao se adaptar às condições do ambiente que lhe é proporcionado e o quanto ele permanece satisfeito ao passar por determinada fase. Este estado varia numa escala que vai de bom a muito ruim, mensurável a partir de indicadores fisiológicos (temperatura retal, frequência respiratória, batimentos cardíacos etc.), aspectos biológicos (incidência de doenças, reprodução, produção etc.) e aspectos comportamentais.

Para que os animais sintam-se confortáveis e encontrem-se em bem-estar, é preciso que estejam em bom estado de saúde, exibam comportamento considerado normal para a espécie e faixa etária, apresentem fisiologia compatível com bom estado nutricional e físico, não sintam dor nem medo. Devem levar uma vida natural de forma

que consigam desenvolver e utilizar seus mecanismos de adaptações naturais (FRASER, 1999).

A definição de bem-estar, de acordo com as cinco liberdades inerentes aos animais, definido pela FAWC (Farm Animal Welfare Council), citado por Chevillon (2001) são indicadas a seguir:

Liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede);

Liberdade ambiental (edificações adaptadas);

Liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas);

Liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais);

Liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade).

Os animais conseguem exprimir sinais que refletem sensações dolorosas, angústia, medo, frustração, raiva e outras emoções também capazes de indicar um estado de sofrimento, em virtude de estarem submetidos à ação de agentes estressores. O estresse caracteriza-se pela soma de mecanismos de defesa do animal a um agente estressor, e quando na expressão desses sinais o seu bem-estar encontra-se reduzido (FERREIRA et al., 2006; PETERS; SILVEIRA; RODRIGUES, 2007).

O efeito estressante começa com o reconhecimento de uma ameaça ao bem-estar, tal que, percebida a ameaça, o organismo reage com suas defesas exprimindo diferentes respostas, sendo que a primeira delas é ocasionada pela alteração comportamental, seguida de reações do sistema nervoso central que coordena a liberação de hormônios como as catecolaminas (adrenalinhas e noradrenalinhas) que reagem na tentativa de restabelecer a homeostase, provocando alterações nos batimentos cardíacos, pressão sanguínea, sudorese, entre outros. (PERISSINOTO, 2007; PETERS; SILVEIRA; RODRIGUES, 2007). A forma com que cada animal reage ao agente estressor pode variar de acordo com: experiência anterior, idade, sexo e condições fisiológicas (MOBERG, 1987).

As alterações nas atividades comportamentais muitas vezes são uma tentativa do animal em se livrar dos estímulos estressores, que pode servir como um indicativo de estresse ou bem-estar (ROSSAROLLA, 2007).

O estresse pelo calor ocorre quando a temperatura ambiente aumenta rapidamente ou permanece alta por vários dias e com pouca ou nenhuma recuperação nos períodos noturnos, ocasionando a diminuição no consumo de alimentos, diminuição no crescimento entre outros fatores, podendo chegar até à morte (HILLMAN et al., 2005).

Vários fatores ambientais interferem no bem-estar animal, causando estresse, tais como: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, circulação do ar e precipitação. Essas variáveis causam efeitos diretos na regulação da temperatura corporal e no bem-estar tendendo a desequilibrar as reações fisiológicas, produtivas e reprodutivas das vacas (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994; BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007; COELHO, 2000; COIMBRA et al., 2007; LEME et al., 2005; WEST, 2003).

Em certas épocas do ano os estressores sazonais influenciam negativamente o desempenho do gado leiteiro, afetando seu crescimento, reprodução e lactação, gerando grandes prejuízos na indústria leiteira. Na tentativa de minimizar essas perdas passou-se a ter maior interesse pela seleção genética envolvendo animais mais resistentes ao estresse térmico, garantia de qualidade quanto ao manejo e controle ambiental (ARMSTRONG, 1994; COLLIER; DAHL; VANBAALE, 2006).

2.3 Zona de conforto

A zona de conforto térmico é a faixa de temperatura ambiente na qual o animal homeotérmico praticamente não utiliza o seu sistema termorregulador, seja para fazer termólise ou termogênese. É quando o gasto de energia para manutenção é mínimo, ocorrendo a maior eficiência produtiva (TITTO, 1998).

Quando alguma combinação ambiental faz com que a temperatura efetiva do ambiente seja superior à temperatura crítica superior do animal, ocorre o estresse calórico, levando-o a exercer o máximo esforço termorregulador. Esta zona em vacas leiteiras varia, devido às diferenças raciais, nível alimentar, produção de leite e ingestão de alimento (JONHSON; VANJONACK, 1976). Dentro da zona termoneutra, as funções de manutenção, produção e reprodução exprimem seu máximo de eficiência, acima ou abaixo desta zona esses processos acabam prejudicados ou limitados. Essas

temperaturas não são fixas para qualquer espécie ou tipo de animal, variando com a idade e com as condições fisiológicas (SILVA; MORAIS; GUILHERMINO, 2007).

A tabela 1 ilustra, de forma resumida, os diversos autores e a zona de termoneutralidade para as diferentes raças.

Tabela 1 – Faixas de zona termoneutra de acordo com diversos autores

AUTOR / ANO	Temperatura (°C)																								
	<6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	>30
HUBER, 1990 VL
RASGDALE, 1961 VL
BAETA; SOUZA, 1997 VL																					
BACCARI JÚNIOR et al., 1978 VL
BUFFINGTON et al., 1983 VL
YOUSEF; JOHNSON, 1985 VL
GIESECKE, 1985 VL
MÜLLER, 1989 VL
HARDOIM, 1998 VL				
BERMAN et al., 1985 VL																							
ARMSTRONG, 1994 VL
SILVA, 2000 VL								
FUQUAY, 1981 VL																			
NÃÃS, 1998 NV				
NÃÃS, 1989 VL							
CONCEIÇÃO, 2008 NV													

Autores e ano seguidos por VL são referências para vacas em lactação, já os seguidos por NV correspondem a novilhas.

Em situações de temperatura ambiente superior a 23°C e umidade relativa acima de 80%, os animais começam a diminuir o consumo de alimento levando a diminuição na produtividade (FLAMENBAUM et al., 1986). Dessa forma, se o animal se encontrar na zona de termoneutralidade, o custo fisiológico para sua manutenção é mínimo, sendo que a retenção de energia da dieta é máxima. Como consequência, a temperatura corporal e o apetite permanecem inalterados e a produção possui probabilidades de tornar-se máxima. Portanto, não há desvios de energia para manter o equilíbrio fisiológico, o qual, em caso de estresse, pode ser rompido (BACCARI JUNIOR, 1998).

2.4 Fisiologia animal

2.4.1 Homeotermia

Homeostase é a capacidade do organismo manter invariável a regulação do meio interno (estabilidade fisiológica), mesmo diante das flutuações do ambiente externo. Esta manutenção ocorre por meio de inúmeros mecanismos fisiológicos e comportamentais (NISHIDA, 2008).

De maneira geral, tem-se que mamíferos e aves são capazes de manter a temperatura do núcleo corporal praticamente constante, independente da temperatura ambiente, a fim de manter reações químicas em níveis normais. Assim, esses animais são denominados homeotérmicos ou de sangue quente, e realizam suas atividades normais sob qualquer variação da temperatura externa (BAÊTA, 1997; IVANOV, 2006; SWENSON; REECE, 1996).

Condições tais como: idade, estação do ano, hora do dia, temperatura ambiente, atividade, alimentação, digestão e água podem influenciar na diferenciação da temperatura corporal dos homeotermos. Os seres vivos são considerados como um sistema gerador de energia térmica, produzida pelo metabolismo de manutenção vital, assim trocam energia com o meio ambiente na forma de perda ou ganho energético. Esse fenômeno de balanço de energia entre o animal e o meio é bem conhecido nos vertebrados (SILVA, 2000), pois, a fim de manter a homeotermia, sejam quais forem as condições ambientais, os animais homeotermos trocam energia na forma de calor. Este intercâmbio de energia pode ser feito através de trocas secas como condução, convecção e radiação, ou trocas úmidas, através da evaporação, sudorese e respiração (BAÊTA; SOUZA, 1997; PERISSINOTO, 2007).

Geralmente, em situações entre 36 e 42°C, variações de apenas alguns décimos já são capazes de ocasionar reações termorregulatórias, mas, para que isso seja mantido, é preciso que haja um equilíbrio entre a produção e a perda de calor. O alto nível de troca de energia dos animais homeotermos em comparação aos pecilotermos demonstra a profunda evolução biológica desses animais. A temperatura dos mamíferos se mantém próxima a temperatura de resistência térmica das proteínas, com

o aumento da temperatura a desnaturação das proteínas também aumenta (IVANOV, 2006; FERREIRA et al., 2006).

2.4.2 Mecanismos de dissipação de calor

O calor é produzido pelo organismo através das atividades metabólicas, mas também há entrada de calor externo para o organismo por meio da radiação, convecção e condução. Da mesma forma que o organismo ganha calor do meio por essas vias, ele também o perde através das mesmas e por mecanismos evaporativos tais como sudação (através da pele) e respiração. A excreção via urina e fezes também é um meio de perda de calor. Esses mecanismos de perdas são regulados por processos fisiológicos a fim de manter o equilíbrio térmico. Desse modo, os ajustes são dependentes das condições externas do ambiente (SWENSON; REECE, 1996).

Quando o processo de homeostase é afetado negativamente pelo estresse térmico, ocorre uma série de reações fisiológicas e comportamentais com o propósito de manter o balanço térmico. Entre as diversas reações dos bovinos frente ao desequilíbrio percebe-se, redução no consumo de alimentos, aumento no consumo de água, aumento na frequência respiratória, modificações hormonais e demais fatores, provocando uma diminuição na produção de leite, baixas taxas de concepção e atraso no crescimento dos animais para reposição (ALBRIGHT, 1972; EIGENBERG; NIENABER; BROWN-BRANDL, 2003; FUQUAY, 1981).

2.4.3 Frequência respiratória

A maioria das espécies de animais homeotermos utiliza a frequência respiratória como meio evaporativo de perda de calor, a fim de manter a homeotermia cada vez que a temperatura ambiente ultrapasse os limites desejáveis (BROWN-BRANDL et al., 2003).

Segundo Ivanov (2006), o mecanismo de defesa contra o superaquecimento tem seu maior poder de evaporação da água a partir da pele (sudorese) e pela mucosa das

vias respiratórias (respiração), Essas reações são muito eficientes, no entanto, esse mecanismo exige alta reposição de água.

Dessa forma, as respostas ao estresse térmico são mecanismos dinâmicos e complexos, pois envolvem aspectos como idade, condição corporal, nutrição e saúde (HAHN, 1999). Vacas submetidas ao estresse térmico apresentam como resposta um aumento da frequência respiratória como sendo o primeiro sinal visível, embora seja o terceiro na sequência dos mecanismos de termorregulação. O primeiro sinal fisiológico é a vasodilatação e o segundo é a sudorese West (2003). Para Hahn e Mader (1997), frequência respiratória em torno de $60\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ indica animais em situação de conforto sob o ponto de vista térmico, acima de $120\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ os mesmos estão sob carga excessiva de calor, sendo que acima de $160\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$, encontram-se em situação de emergência. Em condições normais de conforto, a frequência respiratória dos bovinos é de $23\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$, podendo chegar até $200\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$, pois a cada 10°C de aumento na temperatura, os movimentos respiratórios dobram (MÜLLER, 1989). Mas, considerando Eigenberg et al. (2003, 2005, 2008) bovinos com frequência respiratória de até $85\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ encontram-se em condições normais de conforto, de 85 a $110\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ alerta, 110 a $133\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ perigo e acima de $133\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ emergência. Segundo Stowell (2000) apud Gebremedhin et al. (2007), taxa de respiração de 80 a $90\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ é uma evidência de que o animal se encontra sob condições de estresse calórico. Em bovinos, quando a temperatura retal atinge valores acima dos 40°C , o animal apresenta taquipnéia, mecanismo caracterizado por movimentos respiratórios rápidos e muitas vezes acompanhados de excesso de salivação (SWENSON; REECE, 1996). Portanto as reações fisiológicas são diversas e indicam as necessidades termorregulatórias dos animais, o que auxilia na obtenção de parâmetros para a classificação das situações de estresse dos mesmos.

2.4.4 Temperatura de superfície

A superfície corpórea dos animais é constituída pela pele e seus anexos (pelos, lã, glândulas sudoríparas, penas etc.) e serve como meio de contato entre os seres e o meio externo, protegendo-os tanto do calor como do frio. Principalmente em regiões

tropicais, sua maior função é estabelecer uma barreira contra a radiação solar. A capa superficial que recobre os mamíferos são estruturas ajustáveis às condições ambientais, comportando-se de maneiras diferentes nas épocas frias ou quentes devido aos ajustes nas características do pelame e da epiderme para potencializar os efeitos termorregulatórios. Sendo assim o pelame serve como barreira de energia térmica e a pele devido à presença de glândulas sudoríparas e a variação na pigmentação, são fundamentais para trocas térmicas entre o animal e o meio ambiente (SILVA, 2000).

A temperatura superficial, assim como a frequência respiratória, é uma medida de fácil aquisição, pois pode ser obtida a distância e sem que haja necessidade de contenção do animal, além de ser um método não invasivo. De acordo com Martello (2006), valores de temperatura superficial entre 31,6 e 34,7°C não indicam sofrimento por estresse térmico em ambientes climatizados.

Para Collier, Dahl e Vanbaale (2006), a temperatura de superfície abaixo de 35°C é o suficiente para que haja trocas térmicas, pois o gradiente entre o pelame e o organismo é grande o bastante para possibilitar perdas de calor entre o núcleo corporal e o pelame, utilizando a condução como um mecanismo eficiente de troca.

Segundo Baêta (1997), os principais componentes anatômicos responsáveis pela magnitude com que os processos de transferência de calor através da pele ocorrem, via forma sensível, são pelos, tecido adiposo e vasos sanguíneos periféricos, entretanto essas estruturas pouco influenciam as trocas latentes. A presença de tecido adiposo é um dificultador na dissipação de calor assim como o tamanho da superfície corpórea, que exerce forte relação com o grau de troca de calor entre o animal e o meio externo (MÜLLER, 1989).

A temperatura da superfície corporal é dependente das condições climáticas do ambiente, sendo influenciada pela temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e também pelas condições fisiológicas como vascularização e sudação (FERREIRA et al., 2006).

2.5 Sombra

2.5.1 Efeito da sombra nas respostas fisiológicas

Em pesquisa realizada por Collier; Eley e Sharma (1981), vacas com acesso à sombra foram expostas a um gradiente de temperatura de globo negro de 8°C inferior àquelas sem acesso à sombra, os resultados demonstraram que os animais no ambiente sem sombra estiveram expostos a temperatura de globo igual ou superiores a temperatura corporal em níveis normais. Assim, as vias sensíveis de perda de calor, ou seja, condução, convecção e radiação, ficaram prejudicadas. Isto possibilitou o aumento na temperatura retal (38,8°C para as vacas à sombra e 39,7°C para as vacas sem sombra) e na frequência respiratória (77,5mov.min⁻¹ com sombra e 114,2mov.min⁻¹ sem sombra), mostrando que a principal via de perda de calor foi a evaporação, mas mesmo assim não atingindo níveis desejáveis. A mesma redução foi encontrada por Roman-Ponce et al. (1977), em que obtiveram para temperatura retal uma redução de 0,5°C para as vacas com acesso à sombra e frequência respiratória de 28 mov.min⁻¹ a menos, e uma produção de 1,6 kg.leite.vaca.dia⁻¹ a mais para as que tiveram acesso à sombra. Os mesmos resultados foram encontrados por Barbosa et al. (2004) em que vacas ao sol no período da manhã não apresentaram diferenças nas variáveis, temperatura retal e frequência respiratória, já para o período da tarde a temperatura retal encontrada para o ambiente sombreado foi inferior ao não sombreado em 0,5°C e, para frequência respiratória, a mesma redução foi verificada para o período da tarde, as vacas sombreadas apresentaram 26,5mov.min⁻¹ a menos que as expostas ao ambiente sem sombra.

Animais submetidos à ambiente com disponibilidade de sombra apresentam menor temperatura retal, ou seja, 39,4°C contra 40,0°C, com médias chegando a 41,6°C, afetando diretamente a produção e composição de leite. Vacas multíparas apresentaram uma diminuição no rendimento médio de 2,1kg.leite.vaca.dia⁻¹, o mesmo não foi tão acentuado em novilhas, mostrando que vacas de alta produção são menos resistentes ao estresse térmico (DAVISON et al., 1988).

Blackshaw e Blackshaw (1994), em revisão sobre os benefícios do uso da sombra para bovinos leiteiros, citaram que vacas com acesso à sombra tiveram menores temperaturas retais, maior produção de leite, porém os animais não sombreados foram mais eficientes em perdas de calor durante os períodos noturnos, restabelecendo sua condição normal, por maior facilidade em dissipar calor para o meio.

Carvalho e Olivo (1996), em experimento com novilhas holandesas, observaram que os animais que receberam o tratamento com sombra apresentaram menores temperaturas retais do que os sem sombra, 39,6°C e 39,9°C, respectivamente, e a frequência respiratória também se manteve em níveis inferiores nos animais com acesso à sombra, com médias de 64mov.min⁻¹ contra 88,5mov.min⁻¹ para os sem sombra, mas mesmo com os níveis de frequência respiratória aumentados não foi suficiente para impedir o aumento da temperatura retal. Outro fator importante foi a influência da radiação solar direta sobre o desempenho das novilhas; em média as novilhas ao sol apresentaram 0,246kg a menos de ganho de peso do que as novilhas à sombra.

Brown-Brandl et al. (2005) observaram que, dias em condições ambientais sob situação de emergência, ou seja, com índice de temperatura e umidade (ITU) acima de 84, o benefício do uso da sombra em resposta à frequência respiratória foi mais evidente no período das 10:00 às 18:00 horas, quando se observou uma diminuição máxima para os animais à sombra de 31mov.min⁻¹.

Segundo Ferreira et al. (2006), em trabalho com bovinos cruzados Holandês e Gir, quando o ITU atingiu valores de 97, os animais estavam sob estresse calórico severo, a temperatura da superfície corporal passou de 29,05°C em situação de conforto para 47,72°C após o estresse. Hillman et al. (2001), ao exporem vacas holandesas com pelame negro ao sol, observaram um aumento na temperatura de superfície de 4,8°C e nas vacas brancas de 0,7°C. O mesmo foi observado por Conceição, Silva e Dias (2008), demonstrando que animais com pelame escuro são mais beneficiados com o uso de estruturas de sombreamento, devido à maior absorvidade do pelame escuro, 89% contra 66% no pelame branco. Em outro estudo, Gebremedhin et al. (2007) também encontraram diferenças entre a cor do pelame e a temperatura superficial dos animais expostos à radiação solar ou à sombra, os animais de pelame preto à sombra

obtiveram 5,3°C abaixo dos animais ao sol, já para os animais de pelame branco esta diferença foi de 2,5°C.

Em condições de exposição direta à radiação solar o ganho de calor sofrido pelo animal é em geral três vezes e meia maior do que para os animais submetidos à sombra, o que acarreta uma elevação da frequência respiratória a fim de maximizar as perdas evaporativas, já que as perdas sensíveis não são suficientes (SOUZA JÚNIOR et al., 2008). Silva et al. (2008) observaram uma elevação na temperatura de superfície nos horários de maior radiação solar (das 12:00 às 14:00 horas), sendo esta em média de 7,0°C maior do que nos animais à sombra, e uma frequência respiratória superior em média de 42mov.min⁻¹ para os animais não sombreados.

Desse modo, as evidências quanto à importância de sombra para os animais é uma constatação científica, e o uso de sombreamento é uma necessidade clara para a qualidade de vida desses animais que estão submetidos a condições adversas, principalmente em países tropicais.

2.5.2 Uso do sombreamento

Os efeitos negativos de altas temperaturas sobre a produção, reprodução e sanidade dos bovinos leiteiros são atestados em muitos trabalhos assim como a necessidade de diminuir esses efeitos também. Várias modificações no ambiente podem ser introduzidas, tais como: ventilação mecânica, resfriamento evaporativo e o uso de sombras artificiais ou naturais. O controle da radiação solar incidente sobre os animais é de grande importância para o microclima onde se alojam os mesmos. A sombra consiste na modificação ambiental básica sendo importante para diminuir a absorção de calor por radiação. Em regiões de altas temperaturas, o uso da sombra é essencial para garantir eficiência produtiva, e assim reduzir os efeitos do estresse.

A criação de gado leiteiro em pastagens favorece para que esses animais absorvam calor proveniente da radiação solar direta, radiação difusa oriunda do solo e da atmosfera que o circunda. A proteção através do uso de sombreamento é a forma de modificação ambiental mais importante para reduzir os efeitos da absorção de calor por radiação. Instalações adequadas que possibilitem evitar situações de estresse térmico

proporcionam maximização da eficiência produtiva, acarretando benefícios econômicos aos criadores (REYES, 2008).

Em ambientes quentes e com alta incidência de radiação solar, há necessidade de proporcionar sombra aos animais, reduzindo assim o aquecimento corporal e facilitando a termorregulação, pois o aperfeiçoamento do ambiente térmico traz benefícios à produção animal, aumentando a produtividade e a eficiência na utilização de alimentos (PARANHOS DA COSTA, 2000).

O primeiro benefício do uso da sombra está na redução da carga de calor e preservação das formas sensíveis de perdas de calor, meios esses menos dispendiosos para o animal, não prejudicando a produção (BARBOSA et al., 2006; CARVALHO; OLIVO, 1996; COLLIER; ELEY; SHARMA, 1981; DAVISON et al., 1988; ROMAN-PONCE et al., 1977).

Em climas quentes, como nas regiões tropicais com carga excessiva de calor, que causam graves problemas para as vacas, a sombra é de importância essencial a fim de minimizar perdas na produção de leite e reprodução bem como para a própria sobrevivência do gado leiteiro, evitando perdas por mortes dos animais (ARMSTRONG, 1994; BROWN-BRANDL et al., 2005; BUCKLIN et al., 1991; COIMBRA et al., 2007; COLLIER; DAHL; VANBAALE, 2006; EIGENBERG; BROWN-BRANDL; NIENABER, 2007; GAUGHAN et al., 1998). Os animais que procuram a sombra, como meio de se arrefecer e assim manter a temperatura corporal, podem sofrer prejuízos devido ao menor tempo em pastejo (BENNETT et al., 1985).

Segundo West (2003), a proteção dos animais contra a radiação solar direta e difusa é o primeiro passo a ser tomado pelos criadores. Bond e Kelly (1955) apud Hillman et al. (2005) estimam que a carga total de calor possa ser reduzida de 30 até 50%. Hatem (2008) obteve uma redução na carga de calor sobre o animal em 64% sob estruturas sombreadas com telhas de fibrocimento. Hillman et al. (2001) consideraram o fornecimento de sombra para proteger as vacas como um fator crucial na produção leiteira. Uma simples sombra pode reduzir o calor radiante no animal em 30% ou mais, (BOND et al., 1967).

A carga de radiação diminui sob a sombra e, conseqüentemente, há diminuição da temperatura ambiente, fato que pode ser comprovado por medidas fisiológicas no

animal observando-se à redução na temperatura corporal e diminuição na frequência respiratória (SPAIN; SPIERS, 1996). Valtorta et al. (1996), puderam observar desempenho semelhante em experimento realizado com animais submetidos ao sol com suplementação alimentar e à sombra sem suplementação. Em regiões quentes, a existência de sombra nas pastagens influencia positivamente os hábitos de pastejo dos animais (DALY, 1984), garantindo uma distribuição mais apropriada do tempo de ruminação e mais tempo em descanso.

Barbosa et al. (2004) salienta que o fornecimento de sombra para os animais durante o período de verão é um meio eficiente para auxiliar no seu conforto. Fisher, Roberts e Matthews (2002); Kendall et al. (2006), avaliando o uso de sombra, concluíram que o fornecimento desta aos animais criados a pasto melhora o efeito do estresse pelo calor, diminuindo a temperatura vaginal e aumentando a produção ($0,3\text{kg.leite.dia}^{-1}$). Urdaz (2006) verificou um aumento na produção de leite de vacas com acesso à sombra em comparação àquelas que não tiveram acesso à sombra.

Para Baccari Júnior (1998), o sombreamento deve ser parte obrigatória nos piquetes, para que possa ser reduzida a carga térmica radiante proveniente da radiação solar direta. Para se obter ótimas produtividades e conforto para vacas leiteiras, quando a temperatura ambiente for superior a 30°C , o fornecimento de sombra é fundamental (GAUGHAN et al., 1998).

2.5.3 Sombra natural

A arborização, ou seja, o uso do sombreamento natural nas pastagens é utilizado para interceptar a radiação solar, direta ou difusa podendo essa ser proveniente do solo, edificações e outros. O uso do sombreamento natural além de fornecer ao animal condições ideais coloca-se como uma alternativa não só ecologicamente correta, mas também economicamente viável.

O grande problema no uso do sombreamento natural é saber qual a melhor espécie a ser recomendada para fornecer sombra de qualidade, gerando um conforto térmico adequado. Deve-se levar em conta a qualidade da copa, projeção da sombra, tempo de crescimento etc. Para avaliar a qualidade das sombras geradas pelas

árvores, devem ser estudadas as características psicrométricas do microclima gerado pelas mesmas. Segundo Baccari Júnior (2001), a melhor sombra é a provida por árvores, isoladas ou em grupos. Gaughan et al. (1998), em estudos com diferentes tipos de materiais de sombreamento, inclusive o natural, verificaram que os animais, quando lhes são oferecidas opções de sombra, demonstram preferir o sombreamento natural.

As sombras geradas pelas árvores são as mais eficazes, por combinarem a proteção contra os raios solares, movimentação do ar e o resfriamento do ar através da transpiração que, ao consumir energia para evaporação, reduz a temperatura (ARMSTRONG, 1994; BUCKLIN et al., 1991). As árvores para sombreamento de pastagens, devem possuir características específicas além da beleza, tais como, crescimento rápido, resistência a ventos e arquitetura favorável, isto é, ter uma copa aberta e porte médio (LEÃO, 1996). As espécies arbóreas forrageiras podem também ter ramas utilizadas como fonte de alimento na época de escassez (OSTERROHT, 1995 apud MARTINS, 2001), conseguindo assim mais uma fonte de alimento para o gado.

As árvores frondosas, de folhas perenes com altura mínima para propiciar uma sombra de 20 m² e boa ventilação, são as ideais para sombreamento de piquetes com vacas leiteiras, pois secam rapidamente o solo, evitando, assim, doenças nos cascos e a incidência de bernes (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Martins (2001), avaliando a qualidade térmica de diferentes espécies arbóreas, tais como sapateiro, copaíba, pau pereira, angico, orelha de preto, usando dados climáticos e os índices de conforto térmico animal como parâmetros para classificar a qualidade das mesmas, obteve como resposta de melhor qualidade de sombra a oferecida pela espécie angico, em seguida as espécies pau pereira, copaíba, orelha de preto e a sapateiro com uma qualidade de sombra não muito favorável. Guiselini; Silva e Piedade (1999), em estudo para caracterizar espécies arbóreas, de acordo com índices de conforto térmico, concluíram que espécie como a leucena apresentou qualidade térmica inferior ao bambu, que se mostrou superior a outras espécies como o chapéu de sol e a santa bárbara.

Murgueitio (2000) apud Paciullo, Aroeira e Pires (2006), na Colômbia, conseguiu um aumento de 2.200 litros.leite.ha.ano⁻¹, além de aumento no teor de matéria orgânica

no solo de 1,6 a 2,6% com introdução de *Prosopis juliflora* e *Leucaena leucocephala* em pastagem de grama-estrela.

Townsend et al. (2000), em estudo comparando animais em pastejo sem sombra e animais em sistemas silvipastoris, encontraram diferenças significativas nas condições do microclima. Nas pastagens sem a presença de seringueiras, as temperaturas de globo negro se encontraram 4,3°C acima das pastagens com sombra das seringueiras. O mesmo diferencial foi observado na temperatura de bulbo seco, em que se encontrou uma diminuição de 1,63°C na pastagem com o seringal. Alguns benefícios são encontrados no sistema silvipastoril, tais como: melhoramento do uso dos recursos naturais, diversificação da produção, integração rebanho e árvores, beneficiamento ecológico da floresta, diminuição dos impactos ocasionados pelo desmatamento e fornecimento de conforto animal (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2006).

2.5.4 Sombreamento artificial

Nos sistemas de produção a pasto a preocupação com o sombreamento artificial aumenta à medida que são empregados animais altamente especializados, portanto mais sensíveis às altas temperaturas ambientais (ROSSAROLLA, 2007).

Em regiões onde não se tem disponibilidade de árvores, ou ainda em situações de pastejo rotacionado, a utilização do sombreamento artificial, seja ele móvel ou fixo, mostra-se de grande importância como ferramenta de manejo para o produtor. As estruturas móveis (tela de polipropileno) produzem menor proteção contra radiação solar em comparação às estruturas fixas (telhas), embora apresentem melhores condições do que nenhuma sombra (BUCKLIN et al., 1991). A tela de polipropileno também é utilizada, como material de cobertura para sombreamento de gado leiteiro. A mais usada é a que oferece 80% de proteção, é menos dispendiosa que os telhados, mas não fornece tanta proteção como as telhas além de possuir uma vida útil mais curta.

Bond et al. (1961) apud Armstrong (1994) recomendam que, ao utilizar coberturas de chapas metálicas, é necessário que estas sejam pintadas de branco na parte superior e também tenham um isolamento a 2,5cm abaixo do teto para reduzir a carga térmica radiante sobre o animal. Em sistemas de alojamento de pastejo aberto,

estruturas portáteis podem ser utilizadas, a fim de evitar a destruição da forragem e manter as vacas em locais sempre limpos. Recomenda-se que esta estrutura mude de lugar a cada um ou dois dias (ARMSTRONG, 1994).

Em estudo a fim de se avaliar diferentes tipos de sombra preferidos pelas vacas leiteiras, Gaughan et al. (1998) compararam telha de ferro galvanizado, palha, sombra natural e tela de polipropileno a 70% de sombra e concluíram que as estruturas com telhas de ferro galvanizado foram as mais procuradas pelos animais, por serem as que apresentaram maior porcentagem de redução da radiação solar, numa taxa de 95,6%. Em contrapartida, a sombra de uma árvore que bloqueou 93,5%. Dessa forma puderam concluir que a maior preferência pela sombra artificial em comparação com a natural pode ter ocorrido devido ter sido disponibilizada somente uma árvore aos animais, sendo o ideal um grupo de árvores.

Eigenberg et al. (2007) pesquisaram diferentes tipos de matérias de sombreamento e concluíram que todos eles apresentaram melhores condições de bem-estar aos animais em comparação a nenhuma disponibilidade de sombra.

Segundo Mitlohner et al. (2001), novilhas com acesso a estruturas de sombreamento com cobertura de tela de polipropileno com 80% de proteção contra os raios solares apresentam menor taxa de frequência respiratória e maior ganho de peso. O uso de tela de fibra sintética de polietileno nas instalações para bovinos é um recurso que proporciona resultados satisfatórios quanto ao conforto térmico em animais, haja visto que a entalpia para o tratamento com uso de tela foi de $4\text{kJ.kg de ar seco}^{-1}$ menor que o tratamento sem sombra. A produção de leite em animais mantidos sob a proteção de tela apresentou-se maior que os animais mantidos sem esse tratamento (MARTELLO, 2004).

Para que os processos biológicos favoreçam o aumento da produção de carne e leite, o ambiente tem que ser bem controlado termicamente. Para tanto um fato muito importante é o tipo de telha utilizado como cobertura das estruturas de sombreamento (HATEM, 2008).

Estruturas de sombra com telhas de fibrocimento proporcionaram uma redução na temperatura do ar em 3°C em relação à área não sombreada. Houve uma redução 63% das perdas de calor no período noturno e 64% da carga de calor diurna, que durante as

horas do dia permaneceu por volta de 11244kJ em céu aberto e 4055kJ na área sob as telhas. Assim a cobertura filtrou cerca de 7189kJ, o equivalente a 64% da carga térmica. As telhas apresentaram em sua superfície inferior temperatura mais elevada que a temperatura ambiente, atingindo uma variação de 19°C. O autor sugere que se substituam as telhas de fibrocimento por matérias com isolamento térmico melhor, que permitam a temperatura da superfície inferior da telha estar perto da temperatura ambiente da área sombreada (HATEM, 2008).

Conceição (2008), em estudo com diferentes tipos de materiais de cobertura para sombreamento de novilhas, avaliou o uso de telhas galvanizadas, fibrocimento e tela de polipropileno, e dos materiais estudados o que apresentou melhor resultados tanto fisiológico como climático foi a estrutura coberta com telha de fibrocimento.

Nas condições de clima quente e úmido como o da Flórida (EUA), Bucklin (1991) sugeriu que para os animais confinados sob a sombra, a melhor orientação a ser dada para a construção é a leste-oeste, porém, se os animais possuem livre movimentação, a melhor orientação é a norte-sul. Esta orientação tem a vantagem de propiciar de 35 a 50% da área de piso sob a sombra sem que receba a luz solar durante períodos da manhã e tarde. Quanto ao espaço destinado aos animais é de 4,2m² a 5,6m² por vaca, pois em áreas menores poderão ocorrer acidentes com os úberes, e, em áreas maiores que 4,5m², não ocorrem benefícios, pois os animais tendem a se agrupar. O autor recomendou ainda que, em estruturas com 12m ou menos de largura, as mesmas deverão ter pé direito de 3,6m, e nas mais largas esse último deverá ser de 4,2m. Outra recomendação é que se pinte de branco o telhado, aumentando sua refletividade.

Animais submetidos a condições de estresse sem acesso à sombra tornam-se vulneráveis e podem até chegar à morte, diminuem sua produção, apresentam maior temperatura retal e frequência respiratória. Assim, recomenda-se área de sombra de 1,8 a 4,2m², sugerindo como desejável 5,6m² de sombra por animal (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

Titto et al. (2006), citando trabalhos anteriores, recomendam uma área de sombra de 8 a 10m² de tela por animal, espaço que permite área de fuga e comportamento social aos animais e não representa custos significativos nos sistemas de produção a pasto ou em confinamento.

Os trabalhos listados na tabela 2 são referentes à coletânea de informações sobre áreas de sombra.

Tabela 2 – Áreas de sombra delimitadas por diversos autores

Autores	ANO	Area m² por animal
SCHÜTZ et al.	2009	16,0
CONCEIÇÃO	2008	4,0
TUCKER; ROGERS; SCHÜTZ	2008	8,0
COIMBRA et al.	2007	3,0
TITTO	2006	7,5
KENDALL et al.	2006	1,8
COLLIER; DAHL; VANBAALE	2006	3,5 a 4,5
TITTO et al. *	2006	8,0 a 10,0
BERMAN	2005	10,0
CHIQUITELLI NETO	2005	4,5
GLASER	2003	7,5
MARTELLO	2002	7,5
ÁRCARO JÚNIOR	2000	5,0
NÃÃS; ÁRCARO JÚNIOR	2001	5,0
PRASANPANICH	2002	4,0
CARVALHO; OLIVO	1996	15,0
SPAIN	1996	4,3
BLACKSHAW; BLACKSHAW	1994	1,8 a 4,2
ARMSTRONG	1994	4,2 a 5,6
BUCKLIN et al.	1991	4,2 a 5,6
BUFFINGTON; COLLIER; CANTON	1983	4,2 a 5,6
WIERSMA; STOTT	1982	3,5 a 4,5
COLLIER; DAHL; VANBAALE	1981	6,7
ROMAN-PONCE et al.	1977	6,7

Autor seguido por * foi citado por Titto (2006)

A Tabela 2 evidencia a necessidade de padronização de área de sombra devido à grande variabilidade de faixas adotadas por diversos autores. Deve-se ressaltar que, nos trabalhos citados, foram simplesmente evidenciadas as variações adotadas por diferentes autores. Porém, nenhum trabalho apresentou a melhor área de sombreamento de forma comparativa. Além desses aspectos, deve-se considerar que todos os trabalhos referiram-se a vacas em lactação e não a novilhas.

2.6 Temperatura de globo negro

O clima de uma região é medido através de combinação das variáveis temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, pressão barométrica e radiação solar, que é medida pelo termômetro de globo negro, nos fornecendo uma combinação de todas essas variáveis (BOND; KELLY, 1955; JOHNSON, 1987 apud por MARTELLO, 2006).

O termômetro de globo negro, quando exposto ao ambiente, troca energia térmica na forma sensível com o mesmo, através de mecanismos de radiação e convecção, até que essa troca atinja um equilíbrio entre o ganho de calor e o calor dissipado (SILVA, 2000).

2.7 Comportamento

Segundo Damasceno et al. (1999), o comportamento é um aspecto fenotípico que pode envolver a presença ou não de atividades como vocalização, ações para sobrevivência, interações sociais entre outros. Atividades como posição, ruminação, ócio, alimentação são alguns aspectos comportamentais relacionados ao bem-estar.

A primeira resposta biológica é a comportamental, o animal evita o agente estressor através da sua remoção (PETERS et al., 2007).

Mediante um ambiente quente, os bovinos utilizam uma variedade de estratégias comportamentais como: procura por sombra, orientação em relação ao sol e aumento da ingestão de água (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

O conhecimento do comportamento animal, de acordo com suas respostas às condições ambientais, proporciona avaliar seu grau de adaptação ao meio e seu desempenho produtivo e reprodutivo. Os animais possuem reações comportamentais que são usadas como adaptação ao meio estressor, sendo utilizado como parâmetro para medir o conforto e o bem-estar dos animais (PIRES; CAMPOS; NOVAES, 2008).

A procura por abrigo na sombra é um eficaz caminho para os animais deixarem de ganhar calor na tentativa de regular sua temperatura corporal, contudo para o gado é considerado um comportamento improdutivo, por reduzir o tempo em pastejo. O

comportamento dos animais é um excelente indicativo da situação do microclima que o rodeia (BENNETT; FINCH; HOLMES, 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, junto ao Departamento de Zootecnia, nas coordenadas: Latitude: 22° 42' 30" sul - Longitude de 47° 38' 00" oeste, altitude de 546 metros, Piracicaba/SP – Brasil. O clima da região é classificado como Cwa (segundo classificação de Köppen): tropical de altitude, ou seja, quente e úmido com estação chuvosa no verão e com três meses mais secos (junho, julho e agosto), no inverno. A temperatura média para o ano de 2007 foi de 21,8°C e UR de 82,9% com pluviosidade média de 1237,4mm.

O período experimental teve duração de 3 meses de fevereiro a abril, envolvendo as estações de verão e outono de 2008.

3.1 Caracterização e manejo dos animais

Foram utilizadas 20 novilhas mestiças, 3/4 Jersey, 1/2 Holandesa e Jersey e Holandesas puras, com idade entre 12 e 25 meses e peso médio variando de 240 a 360kg.



Figura 1 – Vista geral dos animais utilizados na pesquisa

Os animais foram separados em quatro lotes, a fim de agrupá-los de forma mais homogênea possível, e identificados por coleiras coloridas, cores: azul, verde, vermelho e laranja.

Tabela 3 – Características dos lotes de acordo com a idade e o peso

Número	Idade	Peso	Número	Idade	Peso	Número	Idade	Peso	Número	Idade	Peso
lote vermelho			lote verde			lote azul			lote laranja		
1754	15	221,0	1725	21	249,5	1758	15	259,0	4060	24	290,5
1755	15	230,5	1724	20	268,0	1768	14	240,5	4321	24	315,0
1756	15	213,5	1734	19	236,0	1776	12	229,5	4323	24	306,5
1766	14	204,5	1739	19	225,0	1780	12	223,5	4328	24	312,5
1772	13	213,0	1743	19	264,0	1783	12	247,5	4330	25	327,0

Os piquetes experimentais, que corresponderam aos blocos experimentais, também receberam marcação com cor, a fim de facilitar a condução dos animais aos seus devidos lugares (Figura 2).



Figura 2 – Vista frontal dos piquetes com identificação colorida, de acordo com o grupo de animais

Das 08h00min às 16h00min, os animais permaneciam nos piquetes experimentais em seus respectivos tratamentos. Após as 16:00 horas, eram liberados para se alimentarem e recebiam volumoso e concentrado em cocho comunitário *ad libitum*.

A água era fornecida *ad libitum* durante as 24 horas do dia. Cada piquete possuía um tambor e uma torneira que possibilitava a reposição periódica da água consumida. Quando estavam fora dos piquetes experimentais, os animais tinham acesso a um bebedouro comunitário.

3.2 Tipologia do sombreamento

Foram utilizadas estruturas com colunas de eucalipto (figura 3), com pé direito de 3,5m, e com cobertura de telhas de fibrocimento, de acordo com a metodologia adaptada por Conceição (2008). Com as seguintes características: comprimento

2,44cm x 50cm largura, espessura de 4mm, inclinação 15°, condutibilidade térmica 0,31 W.m⁻¹.°C⁻¹.



Figura 3 – Caracterização da estrutura de sombreamento utilizada

3.3 Tratamentos

Um dos objetivos desta pesquisa foi avaliar as diferentes áreas de sombra, as quais foram chamadas de tratamentos. A seleção dos tratamentos foi realizada de acordo com as indicações da literatura (tabela 2), de maneira a atender quatro áreas intermediárias de sombreamento, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 – Áreas de sombra aplicada a cada tratamento

Tratamentos	Área de sombreamento m² de sombra/animal
Trat. 1	0,0
Trat. 2	1,5
Trat. 3	3,0
Trat. 4	5,0
Trat. 5	8,0

Visualizando os tratamentos na figura 4, verifica-se a locação a pasto de cada área sombreada:



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 4 – Caracterização da estrutura de sombreamento utilizada (a) – Tratamento sem sombra; (b) – Tratamento com $1,5 \text{ m}^2$ de sombra por animal; (c) – Tratamento com $3,0 \text{ m}^2$ de sombra por animal; (d) – Tratamento com $5,0 \text{ m}^2$ de sombra por animal; (e) – Tratamento com $8,0 \text{ m}^2$ de sombra por animal

A distribuição dos tratamentos na área experimental foi de forma aleatória, conforme planta baixa apresentada a seguir, na figura 5. Para o delineamento experimental foram utilizadas quatro repetições, nos cinco tratamentos, totalizando 20 piquetes distribuídos aleatoriamente. Basicamente foram utilizados piquetes com tamanhos variáveis de acordo com a área sombreada. Essa medida foi realizada devido ao caminhamento da sombra na área. Pois em áreas de sombreamento maior, se fosse mantida a mesma área dos piquetes, haveria sobreposição das sombras, dificultando a avaliação da pesquisa.

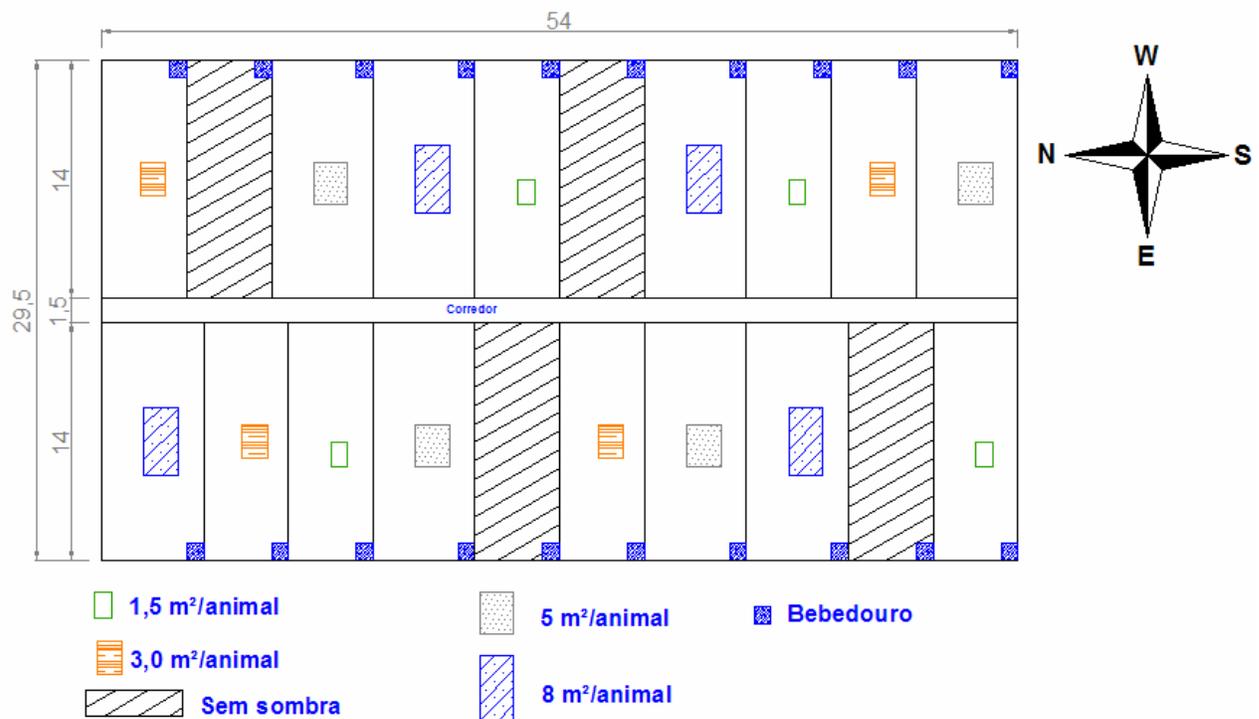


Figura 5 – Planta baixa do campo experimental

Os estudos preliminares para a locação das estruturas de sombreamento dentro de cada piquete, bem como a área de cada parcela, para maior otimização do espaço, com maior aproveitamento da trajetória das projeções de sombra, foi elaborada através de simulações com o auxílio do software Sombra 2.1.1.1 RC – 2007 figura 6, (CASTANHEIRA; COSTA, 2003).

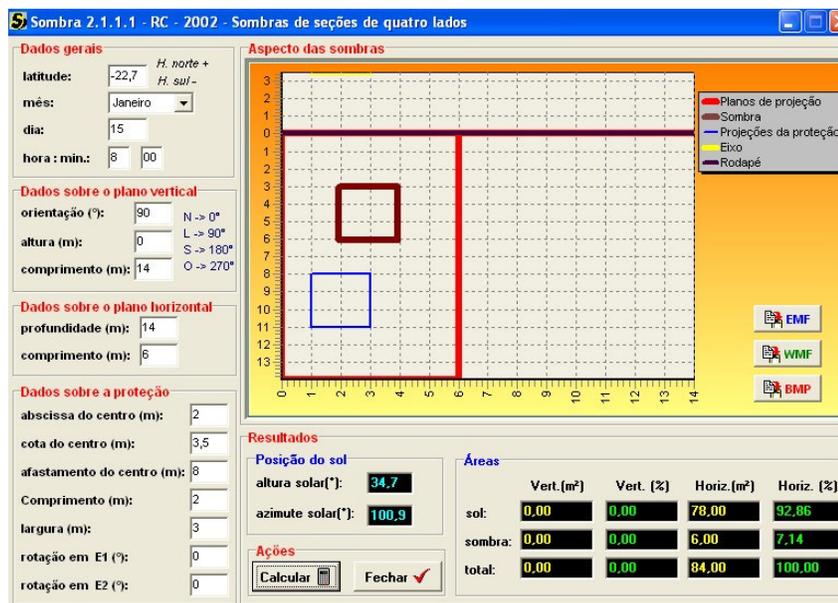


Figura 6 – Software Sombra 2.1.1.1 RC (CASTANHEIRA; COSTA, 2003)

Sendo assim, na tabela 5 é apresentada a área do piquete para cada tratamento.

Tabela 5 – Dimensão dos piquetes e área sombreada

Tratamento	Area de sombra m ²	Area do piquete m ²	L x C	% sombra / piquete
Trat. 1	0,0	70,0	5,0 x 14,0	0,0
Trat. 2	1,5	70,0	5,0 x 14,0	2,2
Trat. 3	3,0	70,0	5,0 x 14,0	4,3
Trat. 4	5,0	84,0	6,0 x 14,0	6,0
Trat. 5	8,0	84,0	6,0 x 14,0	9,5

Nota: L = largura; C = comprimento

3.4 Variáveis respostas

Para a avaliação conjunta dos resultados foram adotados os critérios de análise, a partir das respostas referentes às variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais.

3.4.1 Variável ambiental

Adotou-se como variável ambiental a temperatura de globo negro de Vernon (T_{gn}), utilizou-se um sensor de temperatura acoplado a um minidatalogger da marca LOGEN LS 8856 ALPAX, colocados dentro do globo negro abertos ao meio e vedados

com cola tipo “Silicone” e pintados com tinta spray preto fosco, instalados um em cada piquete (Figura 7).



Figura 7 – Sensor acoplado a um minidatalogger “ALPAX” para coleta de temperatura de globo °C

Os globos foram colocados na altura da cernelha do animal, de forma a permitir o acompanhamento do caminhamento da sombra ao longo do dia (Figura 8). Os dados foram registrados diariamente em intervalos de 10 minutos, durante o período das 10:00 às 16:00 horas.

Os equipamentos foram instalados em um varal, que permitia o deslocamento dos mesmos, junto com o caminhamento da sombra. Durante todo o período de registro de dados os termômetros estavam à sombra.



(a)



(b)

Figura 8 – (a) - Posicionamento dos globos negros a sombra; (b) - posicionamento dos globos negros ao sol (trat. 1)

3.4.2 Variáveis fisiológicas

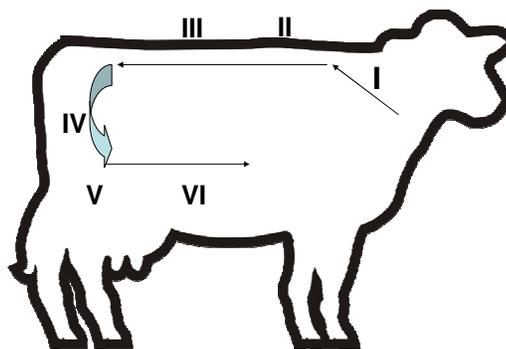
A capacidade do animal em resistir às condições de estresse calórico tem sido avaliada por alterações nas variáveis fisiológicas. Dessa forma, foram avaliadas a frequência respiratória (FR) e a temperatura superfície (TS) em todos os animais.

A FR foi registrada em nove dias, não consecutivos, com sete medidas diárias, às 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00 e às 16:00 horas. O valor da FR foi obtido através da contagem dos movimentos respiratórios (flanco), por 15 segundos, e depois calculado por minuto.

Para a obtenção da TS foi utilizado um termômetro de infravermelho, da marca FLUKE modelo 66/68 (Figura 9 a), o qual possibilita uma varredura do local, fornecendo a temperatura média do espaço percorrido. Para a realização do registro de dados, adotou-se a seguinte sequência de varredura dos valores da temperatura: pescoço, dorso, lombo, garupa, coxa, flanco e abaixo das costelas, conforme a figura ilustrativa 9.b apresentada. As medidas foram registradas a uma distância média de 20cm do animal. Obteve-se, portanto, um valor médio da TS do animal. Foram efetuadas medidas por nove dias, logo após o registro da FR.



(a)



(b)

Figura 9 – (a) - Termômetro de infravermelho utilizado para medidas de temperatura superficial, marca FLUKE modelo 66/68; (b) – Sequência de varredura da temperatura média superficial. I - pescoço, II - dorso, III - lombo, IV - garupa, V - coxa e VI - costela

3.4.3 Variáveis comportamentais

A avaliação comportamental dos animais foi realizada em nove dias, não consecutivos e diferentes dos dias em que foram realizadas as avaliações fisiológicas, durante o período experimental. Os dados comportamentais foram obtidos por meio de registro instantâneo realizado pelo método focal, preconizado por Martin e Bateson (1993) em intervalos de 10 minutos durante o período das 10:00 às 16:00 horas. Utilizou-se um etograma de trabalho, baseado nas pesquisas de Conceição (2008) e Perissinotto (2003). O etograma de trabalho baseou-se em duas condições observacionais Tabela 6:

- Atividade;
- Posição.

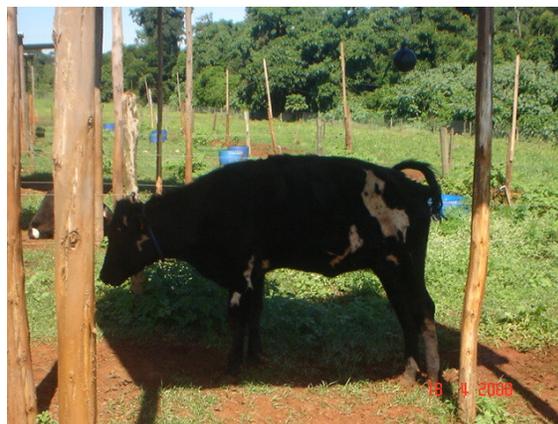
Tabela 6 – Modelo do etograma de trabalho adotado

Horário de observação		Animal 1	Animal 2	Animal 3	. . .	Animal 20
10:00	P	1	2	2	. . .	2
	A	7	4	4	. . .	2
10:10	P	1	2	2	. . .	2
	A	5	5	4	. . .	4
10:20	P	1	2	2	. . .	2
	A	3	4	4	. . .	4
10:30	P	1	1	2	. . .	2
	A	5	3	3	. . .	5
10:40	P	1	1	2	. . .	2
	A	4	1	3	. . .	4
10:50	P	1	2	2	. . .	2
	A	4	2	3	. . .	2
.
.
.
16:00	.	.	.	.	. . .	.

P = Posição; A = Atividade

Com relação à atividade, adotou-se a seguinte numeração:

- 1 - Em pé ruminando (Figura 10.a)
- 2 – Em pé em ócio (Figura 10.a)
- 3 – Em pé comendo (Figura 10.b)
- 4 – Em pé bebendo
- 5 – Deitado ruminando (Figura 10.c)
- 6 – Deitado em ócio (Figura 10.c)
- 7 – Caminhando em pé



(a)



(b)



(c)

Figura 10 – (a) – Animal em pé em ócio ou ruminando; (b) – Animal em pé comendo; (c) – Animal deitado em ócio ou ruminando

Para o registro do posicionamento, adotou-se a seguinte numeração:

- 1 – Ao sol (Figura 11.a);
- 2 – À sombra (Figura 11.b).



(a)



(b)

Figura 11 – (a) – Animal exposto totalmente ao sol; (b) – Animal exposto a sombra

3.4.4 Avaliação dos resultados

3.4.4.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foram blocos casualizados, ou seja, quatro blocos representados pelas quatro subdivisões da área experimental, com cinco tratamentos (áreas de sombra), distribuídas aleatoriamente. A unidade experimental foram os animais, distribuídos nos tratamentos, e sofreram medidas repetidas.

3.4.4.2 Análise dos dados

Os dados ambientais de temperatura de globo e as variáveis fisiológicas TS e FR foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento GLIMMIX do software estatístico SAS[®] (SAS, 2004). Foi utilizado o LSMEANS para obtenção de médias ajustadas das variáveis, e efetuadas comparações pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), quando pertinente.

As correlações entre os dados de temperatura de globo negro e as respostas fisiológicas (temperatura de superfície e frequência respiratória), foram através do procedimento PROC CORR do software estatístico SAS[®] (SAS, 2004).

Para análise comportamental, foi realizada análise de frequência pelo procedimento PROC MIXED do software estatístico SAS[®] 9.1 (2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ambiente físico

Na tabela 7 apresentam-se os dados das variáveis climáticas, durante o período de duração e coleta de dados da pesquisa. Como pode ser observado, a temperatura do ar obteve mínimas de 24°C e máximas de 29,8°C. A faixa de conforto para vacas em lactação varia de 4 a 27°C, de acordo com vários autores, como Berman (1985); Fuquay (1997); Huber (1990); Nããs (1989); Silva (2000) e para novilhas varia de 10 a 27°C, segundo Conceição (2008); Nããs (1998). Caracterizando que 66,7% do período da pesquisa foram em condição de estresse térmico para as novilhas, de acordo com a tabela 1, a faixa preconizada para vacas em lactação varia de 4 a 27°C e para novilhas de 10 a 26°C. Valores de umidade relativa acima de 50% já provocam reduções na produção (NÃÃS; SOUZA, 2003), portanto, em todos os dias, as porcentagens médias de umidade relativa mantiveram-se em níveis acima do desejado.

Tabela 7 – Valores médios diários das variáveis climáticas durante o período da pesquisa

Data	Tar °C	UR %	Ra W/m2	Vento m/s
03/03/08	28,9	63,5	781,2	3,2
04/03/08	29,2	59,8	757,8	2,5
06/03/08	29,8	55,2	750,0	1,6
07/03/08	28,6	71,9	568,7	1,3
19/03/08	28,2	70,6	736,4	1,4
20/03/08	28,6	67,8	629,0	1,4
21/03/08	28,3	70,5	593,7	1,3
25/03/08	27,2	73,5	525,7	1,8
26/03/08	27,2	72,0	579,4	0,9
28/03/08	27,5	68,8	664,1	1,0
31/03/08	25,4	67,7	621,0	1,2
01/04/08	26,8	69,0	590,1	0,8
02/04/08	24,0	85,7	282,8	1,3
08/04/08	25,2	88,1	392,5	0,8
10/04/08	25,8	75,9	490,0	2,8
11/04/08	27,4	67,3	730,0	1,7
17/04/08	25,8	82,2	502,3	1,0
18/04/08	24,8	72,1	636,0	2,2

Fonte: Posto meteorológico da ESALQ-USP

4.1.2 Temperatura de globo negro (Tgn)

Observou-se na análise estatística uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os valores de Tgn, entre os tratamentos estudados. A análise de interação entre as médias, bem como o erro padrão e o coeficiente de variação, são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Análise de interação entre os tratamentos, por meio do teste de Tukey, para as médias da Tgn

Trat.	Tgn		Erro padrão	C.V
0	37,2	a	0,86	2,31
1,5	31,8	c	0,86	2,70
3,0	31,2	b c	0,86	2,76
5,0	30,2	b c	0,86	2,84
8,0	29,8	b d	0,86	2,88

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer, $P > 0,05$.
Comparações na coluna.

A área de sombreamento que apresentou menor média para temperatura de globo foi a de 8,0m² por animal, seguida por 5,0m², 3,0m², 1,5m² em comparação ao tratamento (testemunha), mostrando que animais sem sombra estiveram expostos a maior quantidade de radiação solar incidente. O tratamento com 1,5m² de sombra mostrou-se o menos eficiente para proteger os animais da exposição a radiação solar incidente, sendo o que apresentou a maior média de Tgn em comparação à maior área de sombra aplicada (figura 12). Bibbiani e Casorti (2005) relatam a preferência do gado bovino por estruturas de sombra maiores, pressupõem que seja por espalhar a carga térmica radiante aos animais e também por fornecer maior quantidade de ar frio.

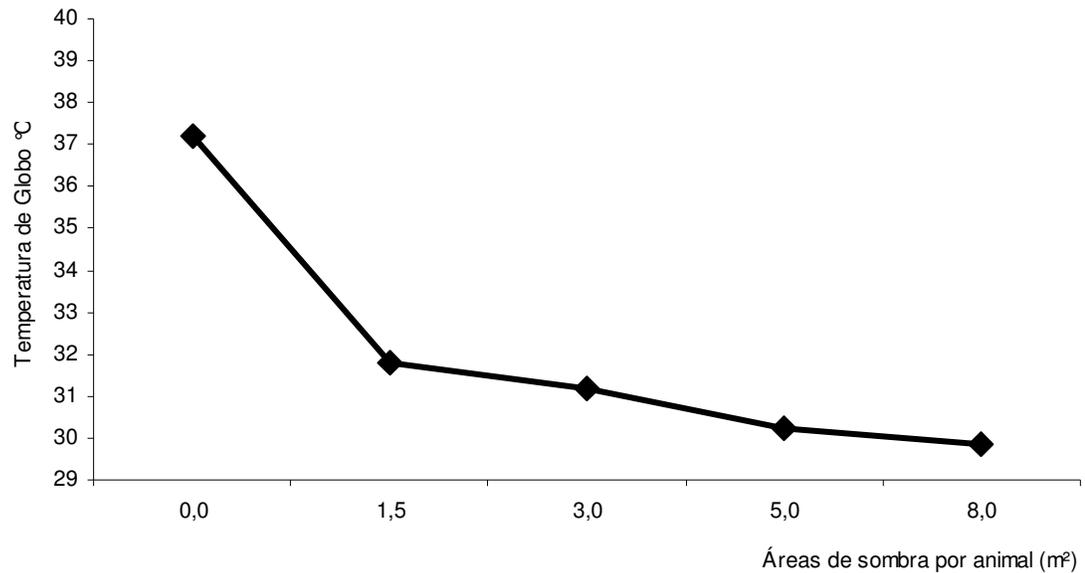


Figura 12 – Médias de temperatura de globo negro de acordo com cada tratamento

A figura 13 ilustra como a presença do sombreamento foi importante para a redução da carga térmica radiante, em todos os dias de coleta de dados, mesmo nos dias com menor radiação, evidenciando a importância do sombreamento para a redução da carga térmica radiante. Deve-se considerar que, de acordo com os dados médios desta pesquisa, o uso de sombreamento apresentou uma redução média na T_{gn} de 5,1 °C.

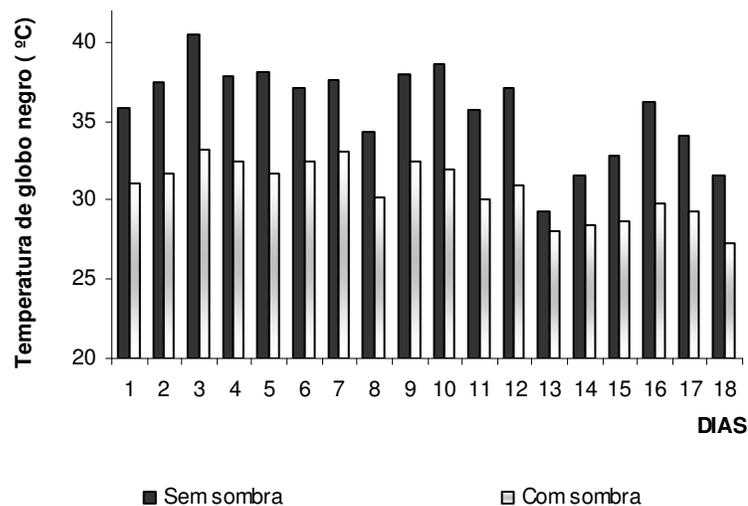


Figura 13 – Perfil da temperatura de globo negro média com e sem sombra

Para o tratamento com 8,0m² de sombra, foi encontrada uma redução média de 7,4°C na Tgn em comparação a testemunha, valores semelhantes aos encontrados por Titto (2006), quando comparou a temperatura de globo em ambiente com e sem sombra, oferecendo uma área de sombreamento aproximada de 7,5m² por animal, obtendo uma redução na temperatura de globo de 6,4°C para o ambiente sombreado. Collier; Eley e Sharma (1981) expuseram um lote de animais ao efeito do sombreamento, com o oferecimento médio de 6,5 m² de sombra por animal, e outro sem sombra, observaram uma redução na temperatura de globo negro de 8,7°C, verificaram que os animais sem sombra obtiveram uma temperatura de globo média de 38,8°C, mantendo-se igual ou superior à temperatura corporal, comprometendo as vias de perda de calor por “trocas secas” (convecção, condução e radiação), que exigem um gradiente térmico. A mesma redução foi encontrada por Roman-Ponce et al. (1977), utilizando a mesma área de sombreamento por animal.

Neste trabalho foi encontrada uma redução para a Tgn nos tratamentos de 3,0m² de sombra de 6,0°C e para o tratamento de 5,0m² de sombra de 6,9°C. Estes resultados corroboram os encontrados por Chiquitelli Neto (2005), que utilizou tela polipropileno “tipo Sombrite” com 80% de bloqueio da radiação solar e conseguiu uma redução da Tgn de 6,5°C com área de 4,5m² de sombra por animal. Arcaro Júnior (2000), na região de Piracicaba, obteve resultados semelhantes ao oferecer 5,0m² de sombra por animal, obtendo uma redução de 6,4°C na Tgn.

Em estudos atuais realizados na mesma região de Piracicaba, Conceição (2008) estudou novilhas leiteiras expostas à sombra de telhas de fibrocimento em comparação a testemunha (sem sombra) com uma área sombreada de 4m² por animal, obteve uma redução na temperatura de globo de 2,9°C, porém deve-se considerar que as condições climáticas do período em estudo foram diferentes, o autor obteve médias de temperatura do ar, umidade relativa e radiação inferiores (24,9°C, 90,5% e 492,5 w.m⁻² respectivamente) aos encontrados neste trabalho.

Schütz et al. (2009) ofereceram 16m² de sombra por animal com um bloqueio de 99% da radiação solar, obtiveram uma redução de 3°C na temperatura de globo para o ambiente sombreado em comparação ao não sombreado. Esse dado é proveniente da Nova Zelândia para os meses de fevereiro e março de 2006.

Na figura 14 verifica-se que a área de sombreamento influenciou a redução da temperatura de globo à medida que foi aumentando a área oferecida aos animais, mostrando que, quanto maior a área, menor é a temperatura, o tratamento com 1,5m² de sombra ofereceu uma redução de 5,4°C, já o tratamento com 8,0m² de sombra reduziu a temperatura em 7,4°C menos que a testemunha.

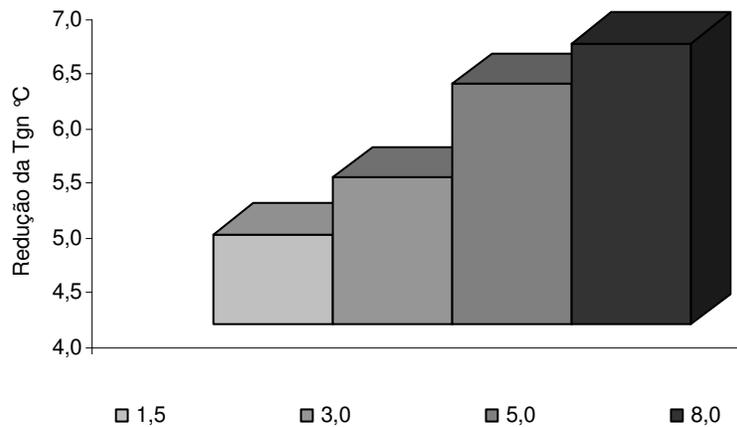


Figura 14 - Redução de temperatura de globo de acordo com o aumento da área de sombra

Baseando-se nos dados da Tabela 9 a área que melhor ofereceu redução na carga térmica radiante, em percentual de redução na Tgn, também foi o tratamento de 8,0m² de sombra por animal, conclui-se que o provimento de 8,0m² de sombra ocasionou uma redução de 5,5% (7,4°C) quando comparado com a menor área estudada (1,5m²).

Tabela 9 – Resultado das reduções de Tgn em °C e em % de reduções promovidas pela aplicação das diferentes áreas de sombra em comparação ao tratamento testemunha

Trat.	Redução Tgn °C	% Redução
1,5	5,4	14,5
3,0	6,0	16,1
5,0	6,9	18,5
8,0	7,4	19,9

Berman (2005) relatou que a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura radiante é dada pela temperatura de globo negro. Essa medida é dependente da

intensidade da radiação solar, nebulosidade, velocidade do vento, pé direito, características térmicas do telhado, temperatura média do terreno e área de sombra. Carvalho e Olivo (1996) encontraram, com o oferecimento de sombra de 15,0m² por animal, uma redução de 8,4°C na Tgn, evidenciando que quanto maior a área de sombra, maior a redução na Tgn, fato este comprovado nos resultados deste trabalho.

Baseando-se nos resultados obtidos e na avaliação do efeito de diferentes áreas de sombreamento na redução da Tgn, conclui-se que, quanto maior a área sombreada, maior a redução na Tgn. De acordo com resultados, e baseando-se somente nos valores de Tgn, pode-se concluir que dentre os tratamentos estudados não há diferença entre 3,0m² e 5,0m² de área, optando-se assim por 3,0m² (viabilidade econômica) e 8,0m² maior redução na Tgn.

4.2 Variáveis fisiológicas

Os efeitos do estresse térmico podem ser mensurados através de medidas das respostas fisiológicas, por meio da determinação da condição animal frente ao agente estressor, e sua capacidade de equilíbrio mediante as condições de estresse. Neste trabalho foram avaliadas as medidas de frequência respiratória e temperatura de superfície corporal.

4.2.1 Efeito de diferentes áreas de sombreamento na frequência respiratória

O aumento na frequência respiratória é um importante mecanismo de perda de calor por meio evaporativo, é uma resposta fisiológica na tentativa de amenizar o estresse calórico. Conforme pode ser observado na tabela 10, há na literatura uma grande amplitude de indicações para a frequência respiratória dentro de limites normais, em que os animais não apresentam sinais de estresse térmico. A grande maioria dos autores são categóricos em afirmar que a faixa ideal está entre 10 e 40mov.min⁻¹.

Tabela 10 – Faixas de frequência respiratória (FR mov.min⁻¹) de acordo com a literatura

FR mov.min ⁻¹ CONFORTO		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
ROSSAROLA (2007)	V.L	..	..	..	..	..	..				
EIGENBERG, et al. (2003)	B.C	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
BACCARI JÚNIOR (2001)	V.L	..	..	..	..	..	..	..		
NÃÃS (2001)	V.L	..	..	..	..	..	..	..		
HAHN (1997)	V.L	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
SWENSON e REECE (1996)	V.L				..	..	..							
STÖBER (1993) *	BOV				..	..	..							
TERRA (1993) *	BOV		..	..	..	..	..					
MULLER (1989)	BOV	..	..	..	..								
MACDOWELL (1976)	V.L		..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ARRIGALA (1952)	BOV		..	..	..	..							

Faixa de FR considerada normal de acordo com alguns autores, adaptado de Conceição (2008). Autores seguidos por * foram citados por Ferreira et al. (2006). Onde V.L = vacas lactação; B.C = bovinos de corte; BOV = bovinos em geral

Os bovinos aumentam a frequência de movimentos respiratórios visando a aumentar a dissipação de calor pelo aquecimento do ar inspirado e pela evaporação da água pelas vias respiratórias. Brown-Brandl et al. (2005) citaram a frequência respiratória como um método não invasivo e prático de medida de resposta ao estresse, e bem estar térmico dos animais.

Muitas vezes o oferecimento de sombra aos animais pode não refletir diretamente no desempenho dos animais, mas o seu efeito em relação à frequência respiratória é muito bem consistente, como pode ser observado na tabela 11, onde temos vários resultados encontrados nas pesquisas sobre o tema em que se ofereceu algum tipo de sombreamento aos animais e conseqüentemente uma melhoria no bem estar.

Tabela 11 – Frequência respiratória obtida por diversos autores com o oferecimento de diferentes áreas de sombra

Autores	ANO	Área m² por animal	FR Sombra	FR Sol	Redução °C
CONCEIÇÃO ^{NI}	2008	4,0	71,8	89,8	18,0
CONCEIÇÃO ^{NI}	2008	4,0	76,3	93,1	16,8
SILVA et al. ^{VL}	2008	.	38,0	68,0	30,0
COLLIER; DAHL; VANBAALE ^{VL}	2006	3,5 a 4,5	54,0	82,0	28,0
BROWN-BRANDL et al. ^{BC}	2005	.	85,0	100,6	15,6
MARTELLO et al. ^{VL}	2004	6,7±	63,4	66,7	3,3
BARBOSA et al. ^{VL}	2004	4,2	68,3	94,8	26,5
PRASANPANICH ^{VL}	2002	4,0	62,9	87,9	25,0
MITLOHNER et al. ^{NC}	2001	.	33,0	46,7	13,7
NÃÃS; ÁRCARO JÚNIOR ^{VL}	2001	5,0	47,6	.	.
ÁRCARO JÚNIOR ^{VL}	2000	5,0	47,6	.	.
CARVALHO; OLIVO ^{NL}	1996	15,0	64,0	88,5	24,5
SPAIN ^{NL}	1996	4,3	47,3	57,7	10,4
COLLIER; DAHL; VANBAALE ^{VL}	1981	6,7	78,5	114,8	36,3
ROMAN-PONCE et al. ^{VL}	1977	6,7	54,0	82,0	28,0

Autores seguidos por: NI = novilhas leiteiras; VL = vacas lactação; BC = bovinos corte e NC = novilhas de corte.

Entre os valores de FR obtidos no presente trabalho correspondentes aos diferentes tratamentos, em que se constata uma diferença estatística entre eles ($p < 0,05$), verifica-se que o tratamento sem sombra obteve a maior FR 92 mov. min^{-1} . Desta forma, as novilhas estiveram em condições de estresse térmico bem acima do recomendado pelos especialistas, tabela 10. Os resultados encontrados para a testemunha são próximos aos encontrados por Barbosa et al. (2004) que relataram frequência respiratória para os animais sem sombra de $94,8 \text{ mov. min}^{-1}$.

Entre os tratamentos 1,5, 3,0 e $5,0 \text{ m}^2$ de sombra por animal não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$), obtive-se uma redução da FR em comparação à testemunha de 17,4 a 18,5%. No experimento conduzido por Conceição (2008), no qual foi avaliada a utilização de telhas de fibrocimento, com uma área de sombra de $4,0 \text{ m}^2$ por animal, obteve uma redução na frequência respiratória de aproximadamente 18% (sol 89,8 vs. Sombra 71,8).

Silva et al. (2008) avaliaram vacas holandesas expostas ao sol e à sombra e verificaram que nos animais mantidos à sombra a frequência respiratória foi de 38 mov. min^{-1} , já os que foram expostos à radiação direta, a FR foi de 68 mov. min^{-1} , sendo esses valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho em que, ao se

oferecer 8,0m² de sombra, houve uma redução de 30mov.min⁻¹, mostrando a alta eficiência do sombreamento na melhoria do conforto para as novilhas. Assim, a melhor área de sombra para a redução da carga térmica radiante foi a de 8m² por animal.

Em todos os tratamentos, com exceção da maior área de sombreamento, as médias de FR estiveram acima das condições ideais pré estabelecidas, conforme Eigenberg et al. (2003); Hahn (1997); Mac Dowell (1976), em que FR até 62mov. min⁻¹ o animal não apresenta sinais de estresse térmico.

Observa-se a redução na FR, quando os animais são submetidos a diferentes áreas de sombreamento. Porém nota-se que não há diferença significativa entre os tratamentos 1,5m², 3,0m² e 5,0m².

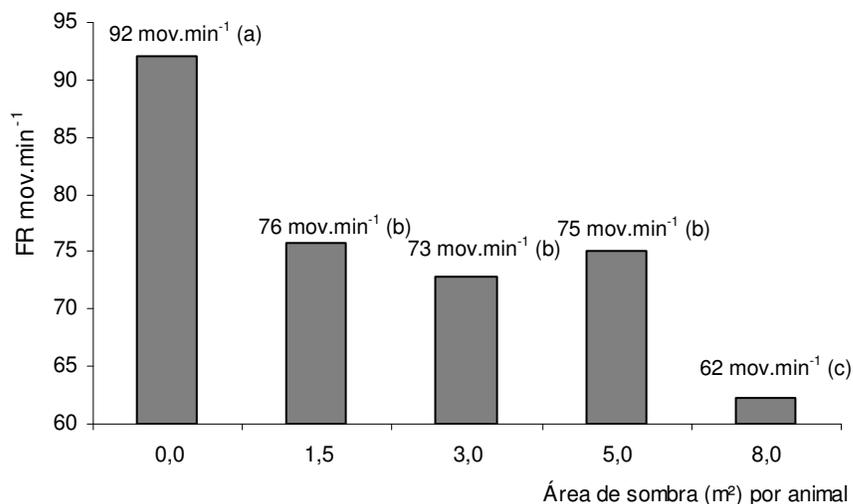


Figura 15 – Valores médios de frequência respiratória de acordo como os tratamentos, médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Na figura 16 pode-se verificar que a FR manteve a mesma tendência ao longo do dia, ou seja, não apresentou diferença significativa para os tratamentos 1,5m², 3,0m² e 5,0m². Resultados corroboram os encontrados por Conceição (2008).

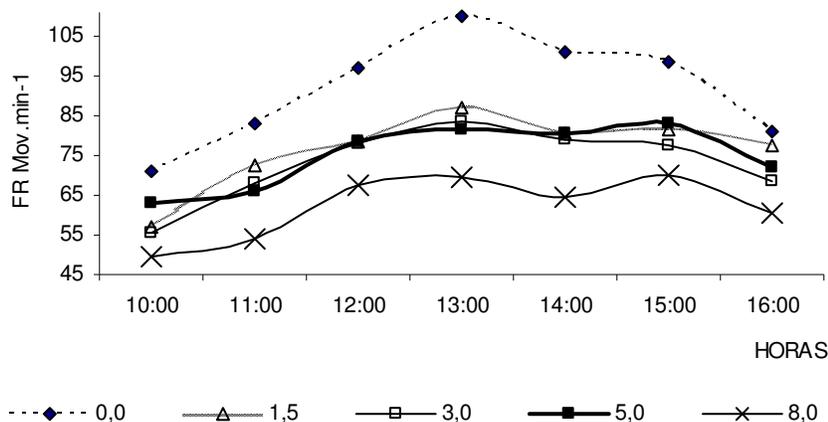


Figura 16 – Valores médios de frequência respiratória registradas nos horários de coletas para os cinco tratamentos

No presente trabalho, a redução na frequência respiratória permitiu observar que o oferecimento de sombreamento às novilhas proporcionou melhores condições de bem-estar, pois em todos os ambientes estudados com sombra, em comparação à testemunha, ocorreu redução média na FR de 20mov.min^{-1} . Considerando essa variável, a área de $8,0\text{m}^2$ de sombra foi a que apresentou melhores condições na redução da carga excessiva de calor sobre as novilhas, seu valor médio situou-se dentro dos limites em que os animais não apresentam estresse, já as demais áreas apresentaram-se acima do limite de normalidade.

4.2.2 Temperatura de superfície (TS)

A capa externa que recobre os animais, através de sua estrutura, constitui uma proteção térmica para os animais tanto expostos a condições de calor, como ao frio. A superfície corporal (pele e pelame) é de suma importância para as trocas térmicas entre o animal e o meio ambiente Silva (2000). As condições das variáveis ambientais influenciam diretamente a temperatura de superfície, assim como a vascularização e a sudorese. Se a temperatura ambiente estiver alta, a superfície corporal pode se transformar numa via de ganho de calor e não como uma forma de perda por vias

sensíveis condução, radiação e convecção (BACCARI JUNIOR, 2001; FERREIRA et al., 2006). A transferência de calor através da capa depende da densidade dos pelos, ângulo em relação à epiderme, diâmetro e comprimento dos pelos, espessura da capa, pigmentação dos pelos e da epiderme, área corporal, tecido adiposo etc. (SILVA, 2000).

Verificou-se que nas comparações entre médias nos tratamentos houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as áreas sombreadas, objeto deste estudo. O tratamento testemunha apresentou uma maior temperatura de superfície em relação a todos os demais, com uma variação média de 39,7 a 35,8°C de acordo com o aumento da área sombreada por animal. Esses resultados evidenciam a importância da área de sombra na redução da carga de calor. Estes resultados corroboram os encontrados por Hatem (2008), que encontrou uma redução na carga de calor em 64% sobre a vaca que estava sob estrutura de sombreamento e uma redução na temperatura ambiente de 3°C. O comportamento da TS entre os tratamentos pode ser visualizado na figura 17.

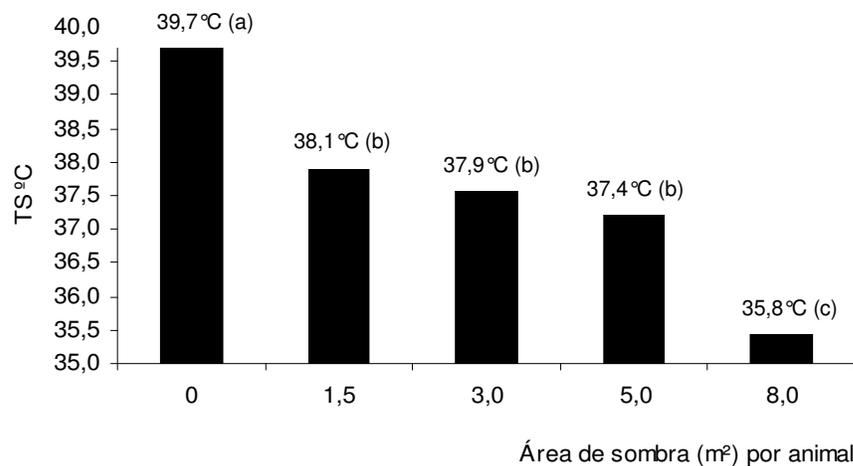


Figura 17 – Valores de TS obtidos nas diferentes áreas de sombra, médias seguidas por letras distintas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Foi encontrada semelhança entre os tratamentos 1,5m², 3,0m² e 5,0m², não havendo diferença significativa entre as interações nos tratamentos 1,5m² e 5,0m² ($p > 0,05$). Embora não havendo uma diferença significativa, houve uma redução de 0,7°C entre eles, resultados de acordo com o encontrado por Yamamoto et al. (1994) que obtiveram, para novilhas à sombra, TS 36,7°C e para as expostas ao sol, 37,8°C.

Os resultados mostram uma redução de 3,9°C, ou seja, uma redução de 9,8 % na TS nas novilhas sem sombra em relação as que foram manejadas a uma área de 8,0m² de sombra. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2008), TS à sombra foi de 34,9°C e ao sol 39,8°C.

Para Martello (2002) temperaturas entre 31,6 e 34,7°C não podem ser caracterizadas como situações de estresse térmico. Com base nessas afirmações, o fornecimento de 8m² de sombra proporcionou condições de conforto às novilhas, com média de 35,8 °C.

Ferreira et al. (2006), a fim de caracterizarem as respostas fisiológicas de novilhas mestiças em conforto e estresse calórico, encontraram para a TS em conforto 29,05°C e, após o estresse, 47,72°C. O aumento na TS foi um reflexo do aumento nas condições do ambiente, não demonstrando a temperatura corporal do animal.

Hillman et al. (2005) observaram que novilhas mantidas ao sol e à sombra e com pelame escuro absorveram mais a radiação solar do que as de pelame claro, e que houve pouca diferença entre a TS para as novilhas ao sol e à sombra, média de redução de 0,2°C. Essa pequena redução foi semelhante à encontrada no presente trabalho entre o tratamento testemunha e o 1,5m² de sombra, mostrando a baixa eficiência em se oferecer área de sombreamento pequena. Bibbiani e Casorti (2005) relatam a preferência do gado bovino por estruturas de sombra maiores, pressupõe-se que seja por espalhar a carga térmica radiante aos animais e também por fornecer maior quantidade de ar frio. Talvez aí esteja a explicação para a menor redução na TS verificada em estruturas com menor área de sombreamento.

Os valores médios de TS registrados para os tratamentos 3,0 e 5,0m² de sombra (37,9 e 37,4 respectivamente) proporcionaram uma redução média de 2,1°C, valores semelhantes aos encontrados por Prasanpanich et al. (2002) que, em 4,0m² de sombra em comparação a nenhuma sombra, encontraram redução de 3°C. Gebremedhin et al. (2007), ao avaliarem vacas ao sol e à sombra, obtiveram resultados de redução em ±6% na TS para os animais de pelame preto, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho no tratamento de 5,0m² de sombra, no qual houve uma redução de 2,3°C, sendo o equivalente a 5,8% menos TS em relação a testemunha.

A área de cobertura que proporcionou uma sombra de 8,0m² por novilhas foi a que apresentou os melhores resultados nas variáveis fisiológicas analisadas (frequência respiratória e temperatura superficial). Enquanto os tratamentos 1,5m², 3,0m² e 5,0m² apresentaram resultados semelhantes.

Pelos resultados apresentados, aumentando-se a área de sombreamento, ocorre uma redução na temperatura do pelame. Porém, é notório que, para uma faixa de área sombreada, os efeitos na redução da TS são iguais estatisticamente. Acredita-se que a partir de uma área maior de sombreamento, os efeitos diretos são maiores na redução da TS, pois para áreas menores (1,5, 3,0 e 5,0m²) praticamente o efeito na redução é o mesmo.

Deve-se ressaltar que qualquer tipo de estrutura de sombreamento causará uma redução na TS (tabela 12), porém o fato de decisão deverá atender a viabilidade econômica dos projetos.

Tabela 12 – Reduções na TS encontrada por alguns autores, quando foi oferecido algum tipo de sombreamento aos animais

Autores	Área sombra	C/ sombra	S/ sombra	Redução
SILVA et al., 2008 ^{VL}	.	34,9	39,8	4,9
CONCEIÇÃO, 2008 ^{NL}	4,0	31,6	32,5	0,9
GEBREMEDHIN et al.; 2007 ^{VL}	.	37,6	42,9	5,3
PRASANPANICH, 2002 ^{VL}	4,0	38,2	41,2	3,0
MARTELLO, 2002 ^{NL}	7,5	36,0	36,7	0,7
YAMAMOTO et al., 1994 ^{NL}	3,24	36,7	37,8	1,1

4.2.3 Correlações

As correlações entre a temperatura de globo negro e as variáveis fisiológicas são apresentadas na tabela 13. Pode-se verificar que houve uma correlação mediana entre a Tgn e as variáveis fisiológicas, com valores de 0,38 para Tgn e TS e de 0,58 para Tgn e FR, com uma correlação significativa e positiva (P<0,0001). Para as comparações entre as variáveis fisiológicas FR e TS, também foram encontradas correlações significativas e positivas (P<0,0001) com valor de coeficiente de correlação de 0,57.

As análises das correlações confirmam a interindependência entre as variáveis fisiológicas com o ambiente. Sabe-se que qualquer modificação na ambiência e conforto dos animais, estes terão alterações na sua própria fisiologia.

Deve-se considerar, também, que não se trata de um comportamento linear e sim de um processo dinâmico. De acordo com os resultados, pode-se concluir que, com o aumento da área sombreada, há uma diminuição da Tgn, FR e TS, mostrando-se uma relação inversa entre as áreas de sombra e as variáveis estudadas.

Tabela 13 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a temperatura de globo negro (Tgn) e as variáveis fisiológicas (Frequência respiratória e temperatura de superfície) durante o período experimental

Varaiáveis	FR	TS
Tgn	0,57617	0,38429
FR		0,56846

O coeficiente de correlação encontrado entre a Tgn e as variáveis fisiológicas (FR e TS) é semelhante ao encontrado por Conceição (2008), que trabalhou com novilhas leiteiras em sistema de sombreamento artificial em pastejo e encontrou índice de correlação entre Tgn e FR de 0,59 e para Tgn e TS de 0,41. Porém, para a correlação FR e TS, o valor encontrado no presente trabalho de 0,57 foi superior ao encontrado pelo autor, que encontrou índice de correlação para FR e TS de 0,35.

Martello (2006) encontrou um índice de correlação para FR e TS de 0,53, muito semelhante ao encontrado no presente trabalho. Estes resultados são inferiores aos encontrados por Collier et al. (2006), que encontraram uma correlação de 0,73 para FR e TS, indicando como uma boa medida de análise do microclima.

4.2.4 Comportamento

4.2.4.1 Uso da sombra

Uma das formas de estabelecer se um animal se encontra em conforto e bem-estar, é por meio de sua saúde, produção, reprodução e comportamento. Na avaliação comportamental, deve ser observado o nível de agressividade entre os animais, tempo de ruminção, tempo de permanência em pé, tempo em ócio, procura por ambientes mais frescos etc. estudados por vários autores (CHIQUITELLI, 2005; CONCEIÇÃO, 2008; GLASER, 2003; KENDALL et al., 2006; LEME et al., 2005; SCHÜTZ, COX, MATTHEWS, 2008; SCHÜTZ et al., 2009; TITTO, 2006). Esses fatores comportamentais são um indicativo do nível de estresse em que os animais se encontram. Os animais seguem padrões determinados de comportamento, que podem ser alterados por vários fatores, inclusive por um estímulo ambiental. Muitas vezes, esses estímulos podem provocar situações de mal-estar ou estresse nos mesmos.

O comportamento das novilhas em condições de exposição direta ao sol sob diferentes áreas de sombreamento foi avaliado a fim de caracterizar qual a melhor área sombreada que proporcionou uma condição de bem estar a esses animais.

A alteração comportamental é a primeira resposta biológica ao agente estressor (PETERS; SILVEIRA; RODRIGUES, 2007), pois, nos animais, quando têm sua homeostase ameaçada, ocorre um estímulo pelo sistema nervoso central, e o organismo reage com respostas biológicas na tentativa de se defender.

Um dos principais agentes estressores nos sistemas de produção a pasto é a carga térmica radiante (CTR), expressa pela radiação solar local. Os animais tendem a eliminar a ação da CTR por meio da movimentação e deslocamento com mudanças de posição. As frequências de permanência das novilhas ao sol e à sombra avaliadas neste trabalho, em diferentes áreas de sombreamento encontram-se na figura 18.

Na avaliação da frequência de uso do sombreamento pelos animais, consideraram-se como número total de ocorrências, as observações realizadas durante nove dias com intervalos de 10 minutos durante o período das 10:00 às 16:00 horas, totalizando 37 observações diárias, em cada uma das quatro repetições ao longo dos

nove dias. O resultado das 6660 ocorrências, oriundas de todos os tratamentos, pode ser observado na figura 18. Observa-se que, em todos os tratamentos onde houve a opção pela utilização da sombra, a frequência de uso foi superior a 60% na sombra, enquanto ao sol foi, no máximo, até 36,3%.

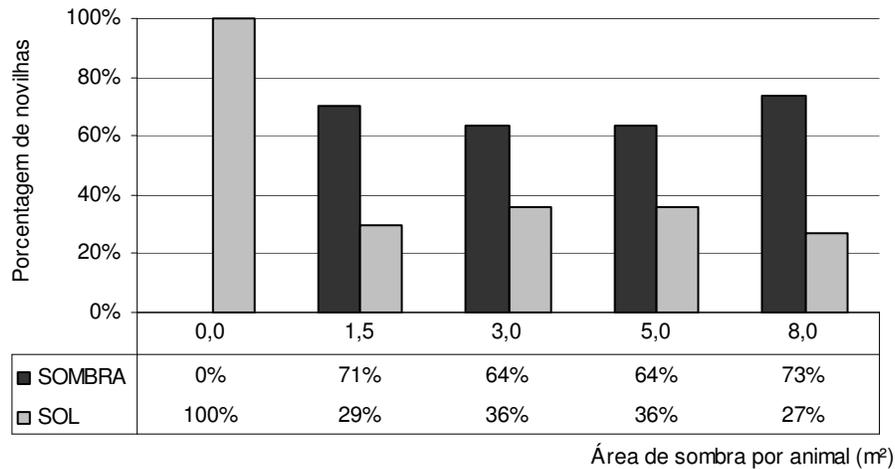


Figura 18 – Distribuição da porcentagem de posição à sombra e ao sol em função dos tratamentos

Para os autores Bennett, Finch e Holmes (1985), a avaliação comportamental é o melhor indicativo dos efeitos do bem-estar do animal em um determinado microclima. No estudo realizado pelos autores observou-se o dobro de tempo de utilização da sombra em comparação ao sol. Neste estudo, quando foi realizada a comparação geral das ocorrências, observou-se que 54,1% das novilhas utilizaram a sombra, e em 45,9% das ocorrências as novilhas encontravam-se ao sol. Estes resultados corroboram os autores anteriores, mas são contrários aos encontrados por Titto (2006) em que (57%) dos animais mantiveram-se ao sol e (43%) à sombra (figura 19).

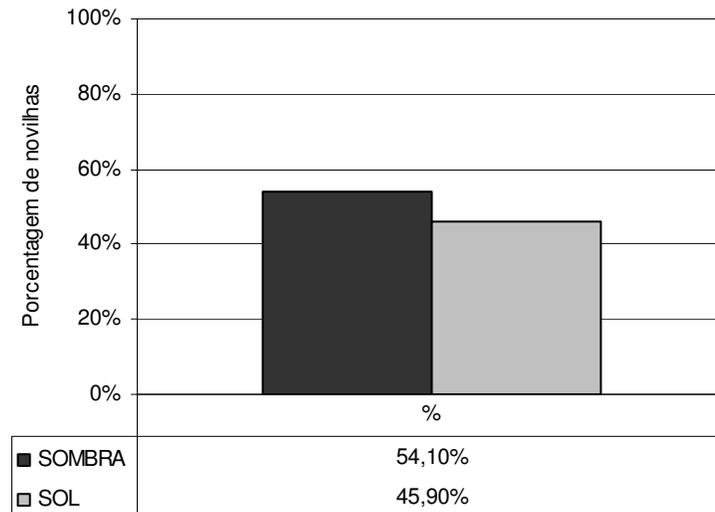


Figura 19 – Distribuição da freqüência de posição a sombra e ao sol no total de todas observações

Nas figuras 20 e 21 observa-se que o posicionamento ao sol e à sombra, nos diferentes horários, não foi alterado nos tratamentos estudados com disponibilidade de sombra, ocorrendo a mesma tendência entre as diferentes áreas de sombreamento.

Nota-se que, independentemente dos horários ao longo do dia, o fato da existência de área sombreada induziu os animais a utilizarem-na. Percebe-se que o maior acesso ao sombreamento foi realizado de forma crescente até o horário das 14:00 horas, ocorrendo um equilíbrio às 15:00 horas.

Percebe-se também que às 16:00 horas ocorreu o inverso, ou seja, houve uma maior porcentagem de novilhas posicionadas ao sol. Provavelmente esse comportamento possa ser explicado pelo fato de às 16:00 horas a incidência da radiação solar ser menor, conseqüentemente menor CTR, o que levou os animais a explorarem uma área fora da área sombreada. Mas deve-se considerar também que, às 16:00 horas, os animais estavam sem alimentação e logo em seguida seriam encaminhados para o cocho, o que provavelmente possa ter induzido esse comportamento.

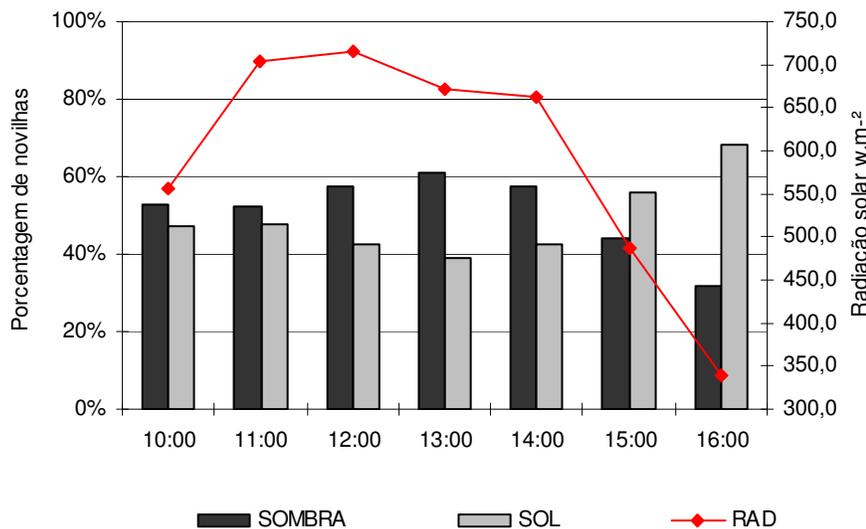


Figura 20 – Distribuição horária da frequência de posição à sombra e ao sol, todos os tratamentos

Quando se observa na figura 21 a porcentagem de animais à sombra e ao sol para os diferentes tratamentos, nota-se que a tendência de uso de áreas sombreadas prevaleceu para o tratamento com área de 8m² acompanhado nos horários mais quentes do tratamento de 1,5m². As tendências nos tratamentos de 3,0m² e 5,0m² praticamente foram similares em todos os horários.

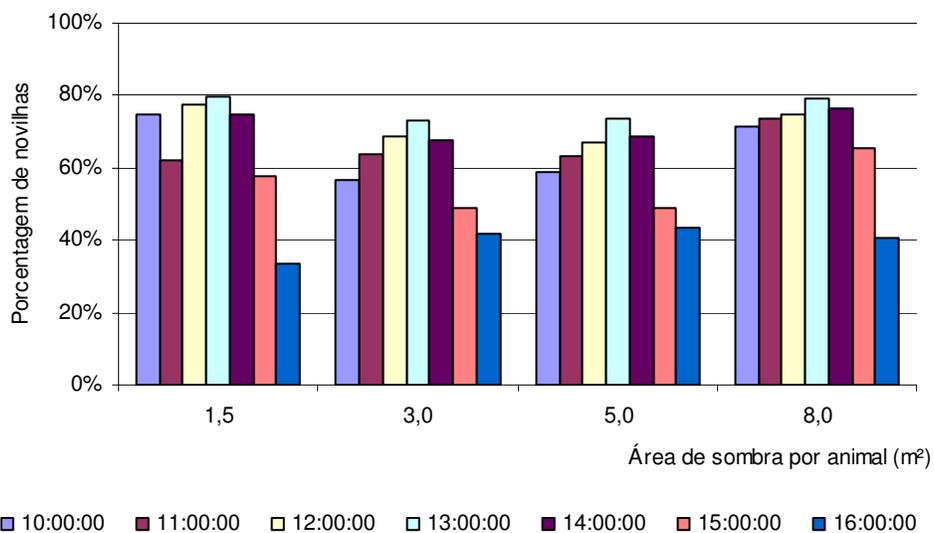


Figura 21 – Distribuição horária da permanência dos animais à sombra nos diferentes tratamentos

A maior procura por sombra, como era esperado, ocorreu nos horários mais quentes do dia, entre 12:00 e 14:00 horas, resultados semelhantes aos encontrados por Conceição (2008); Glaser (2003); Titto (2006). Schütz et al. (2009) observaram uma maior permanência dos animais à sombra à medida que houve um aumento na radiação solar, pois o fornecimento de sombra protege o animal do ganho excessivo de calor prevenindo-se assim contra o estresse térmico. De acordo com os resultados apresentados na figura 22, verifica-se que, em temperaturas inferiores a 25°C, a porcentagem de animais ao sol foi superior à da sombra. À medida que os limites de temperatura foram aumentando, verificou-se uma maior porcentagem de novilhas utilizando sombra. Quando a temperatura excedeu os 30°C, houve um acentuado aumento na procura pela sombra.

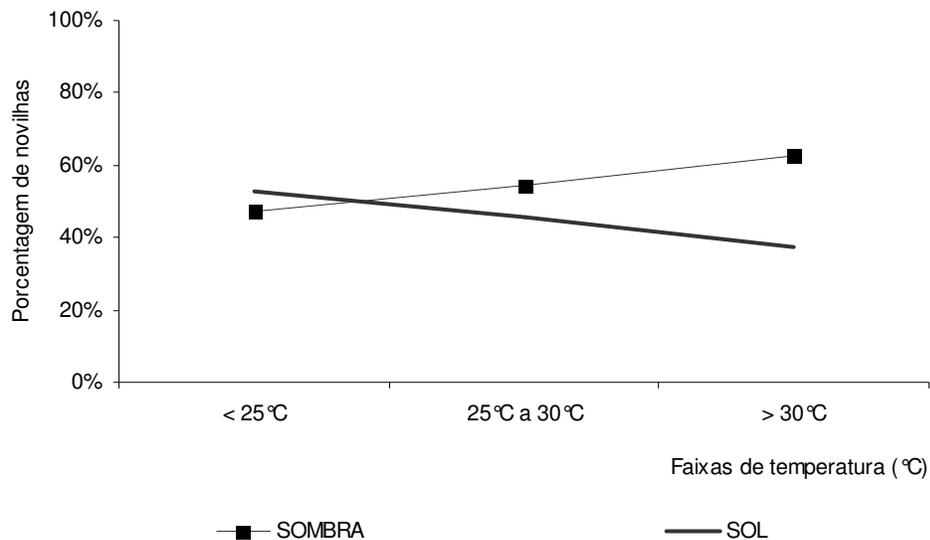


Figura 22 – Distribuição da posição à sombra e ao sol, nas faixas de temperatura

Gaughan et al. (1998) afirmaram que 43,2% dos animais expostos à temperatura ambiente, entre 26 e 29°C, procuraram sombra e quando a temperatura ambiente atingiu valores superiores a 34°C, 90,2% procuraram sombreamento. Leme et al. (2005) obtiveram uma permanência à sombra de 68,6% dos animais e 31,4% ao sol, quando a temperatura de globo negro atingiu 38,2°C ao sol e 32,7°C à sombra.

Conforme as observações realizadas a campo, os animais ao sol mantiveram-se mais ofegantes, permaneceram maior tempo em pé posicionados com a cabeça na direção do sol. Acredita-se que esse comportamento esteja relacionado com a redução de CTR na superfície corpórea, pois nessa posição as laterais do corpo recebem menor incidência dos raios solares.

4.2.4.2 Análise comportamental do posicionamento dos animais

Dentre os padrões de comportamento, deitar-se é de suma importância para proporcionar períodos de descanso, que, para as vacas leiteiras, é em torno de 8 a 14 horas, quando em condições de estresse térmico, pois os animais permanecem mais tempo em pé, Matarazzo (2004). Ao manter-se em pé, o animal expõe uma maior superfície de contato com o ar, o que aumenta a área corporal passível de trocas térmicas convectivas e, ao deitar-se, há um aumento da área de contato com o solo, aumentando, neste caso, as trocas por condução, Conceição (2008). Os resultados de permanência das novilhas na posição deitada ou em pé oriundas das 6660 ocorrências podem ser observados na figura 23, em que se verifica a mesma tendência entre os tratamentos, sendo que, na média geral, houve uma pequena variação (2,15%) entre animais em pé em relação aos deitados. Em todos os tratamentos, a maior frequência de posição foi de novilhas deitadas, com exceção da testemunha, o que é justificado pela necessidade de trocar calor com o meio, de forma a manter-se em equilíbrio térmico.

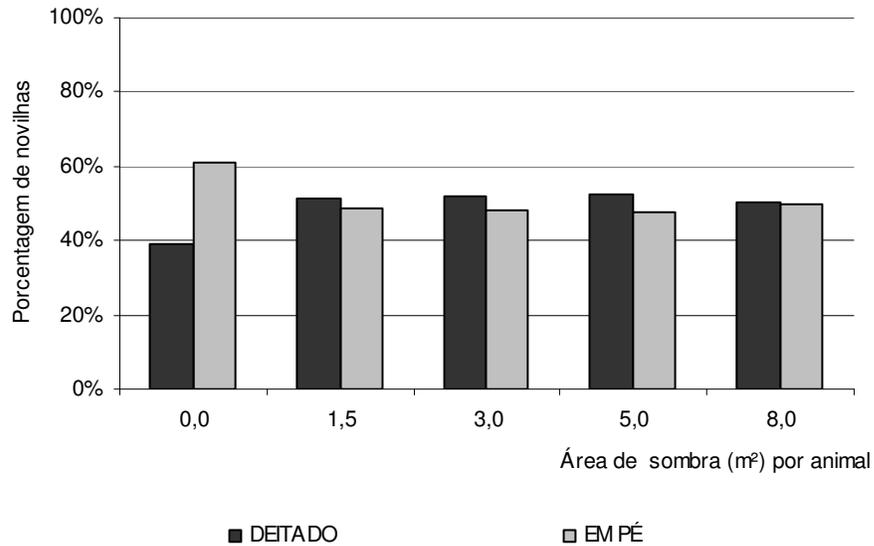


Figura 23 – Porcentagem de novilhas, deitados ou em pé, de acordo com cada tratamento

De maneira geral, verifica-se que os animais ficaram mais deitados quando expostos à condição de sombreamento, já quando expostos ao sol direto (testemunha) as novilhas permaneceram na posição em pé. Esses resultados são contrários aos encontrados por Conceição (2008); Kendall et al. (2006); Leme et al. (2005), que observaram maior frequência de animais em pé quando à sombra. Porém estão de acordo com Almeida et al. (2008); Blackshaw e Blackshaw (1994); Chiquitelli Neto (2002); Mitlöhoner et al. (2002); Titto (2006), que observaram que os animais à sombra permaneceram mais tempo deitados do que em pé. Outro fator que também pode influenciar esse comportamento (nesse caso há uma divergência entre os autores) é que na sombra geralmente a temperatura do solo é menor, o que propicia ao animal a trocar calor por condução, deitando-se, já quando os animais estão expostos ao sol a probabilidade de estarem na posição em pé é maior, devido à necessidade de trocas de calor convectivas, o que é explicável pela posição de maior área de contato com o meio.

Analisando os dados gerais apresentados na figura 24 e 25, verifica-se que as novilhas, quando têm disponibilidade de sombra e a utilizam, permanecem mais na posição deitada do que em pé. Ao verificar a influência das áreas de sombreamento, nota-se que com áreas de 8m² e 1,5m² os animais à sombra permaneceram em menor proporção na posição deitados, do que os animais com áreas de sombreamento de 3,0 e 5,0m².

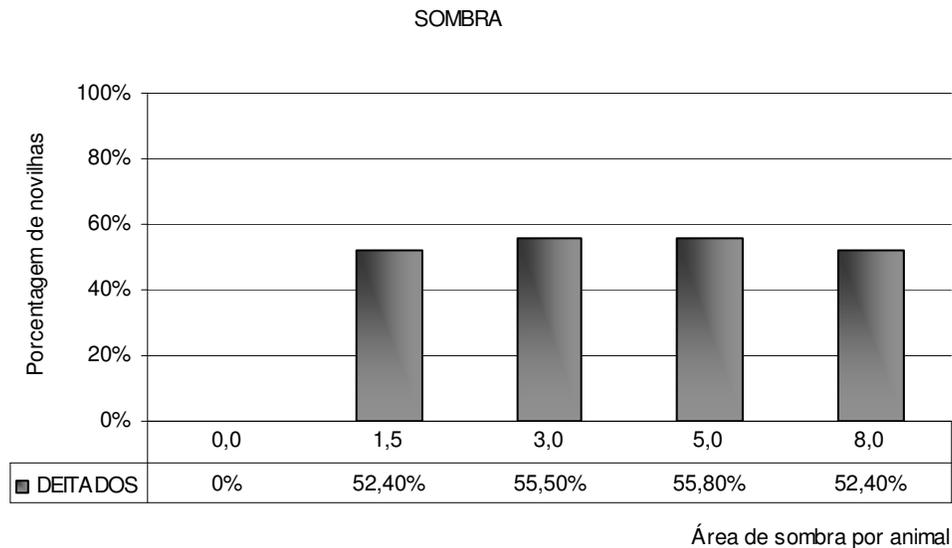


Figura 24 - Distribuição da frequência de permanência dos animais na posição deitado nos diferentes tratamentos à sombra

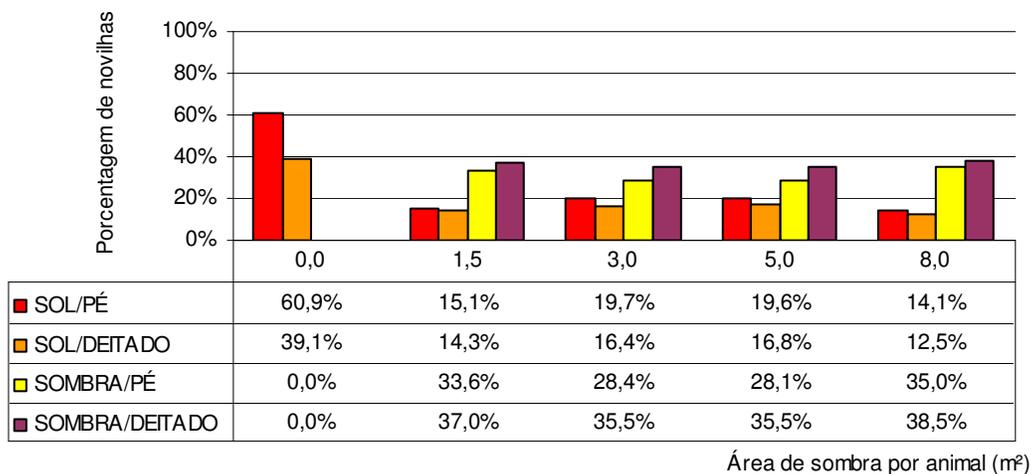


Figura 25 – Porcentagem das ocorrências de novilhas expostas ao sol e à sombra nas posições em pé e deitada nos diferentes tratamentos

Quando se analisa a variação horária do dia, nota-se que há uma inversão no posicionamento dos animais, nos horários de temperatura elevada entre 10:00 e 13:00h, a frequência de animais posicionados deitados é maior até as 14:00 horas em que a maior frequência é para a posição em pé. De acordo com Chiquitelli Neto (2005);

Damasceno et al. (1999); Mitlohner et al. (2001), nas horas mais quentes do dia a frequência de animais em pé sofreu um acréscimo significativo, resultados semelhantes aos encontrados na presente pesquisa nos horários 14:00, 15:00 e 16:00 horas, conforme figura 26. Os animais, ficando mais tempo em pé, proporcionam maior exposição da capa externa ao ar, favorecendo as trocas de calor com o meio.

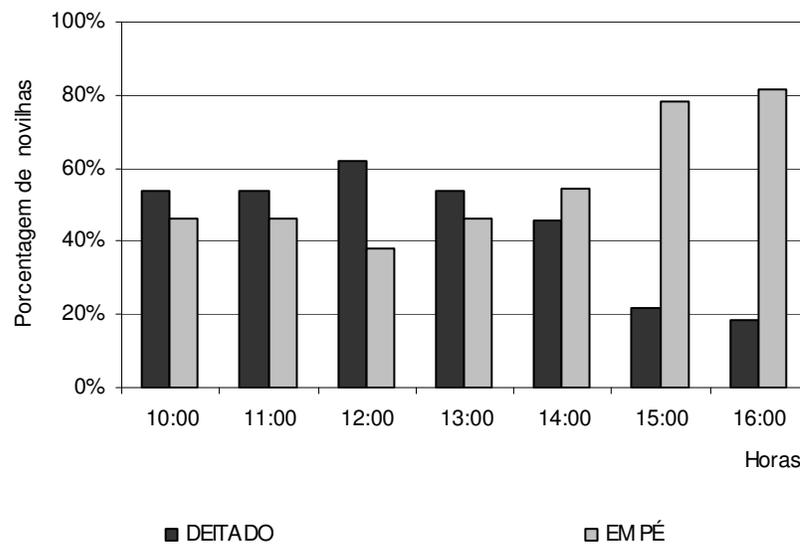


Figura 26 – Distribuição horária da frequência de permanência dos animais na posição em pé e deitado

Pela análise comportamental nas atividades de postura deitado ou em pé, só houve tendência de aumento entre os tratamentos, quando se compararam os efeitos do tratamento sem sombra em relação aos sombreados, já para as diferentes áreas de sombra houve uma mesma tendência na porcentagem de uso pelas novilhas em relação ao aumento da área de sombra. As diferentes áreas de sombra estudadas no presente trabalho não influenciaram nas atividades de postura em pé ou deitada para as novilhas. A maior porcentagem de novilhas em pé no tratamento testemunha evidenciou o maior esforço das novilhas a fim de manter seu conforto térmico.

4.2.4.3 Análise comportamental da atividade realizada pelos animais

As atividades realizadas pelas novilhas: ingestão de água, caminhar, pastejar, ócio e ruminar, durante o período experimental tanto ao sol quanto à sombra, nos diferentes ambientes de exposições, são apresentados na figura 27. As atividades que tiveram as maiores frequências de ocorrências foram: ócio, ruminação e pastejo.

Define-se como ócio o período em que os animais não estão nem comendo, nem ruminando ou ingerindo água. No verão os animais diminuem as atividades relacionadas a alimentação (ingestão e ruminação) e, aumentam o ócio, na tentativa de reduzir a produção de calor (PIRES, 2008). As porcentagens de novilhas em ócio para o período experimental (verão), estão de acordo com os dados obtidos por Pires (2008) em que predominou uma maior porcentagem de novilhas em ócio (média de 68,7%), seguido da atividade de ruminação (média de 21,8%) e sendo que 9,2% das demais ocorrências foram distribuídas nas atividades de ingerir água, caminhar e comer (figura 27).

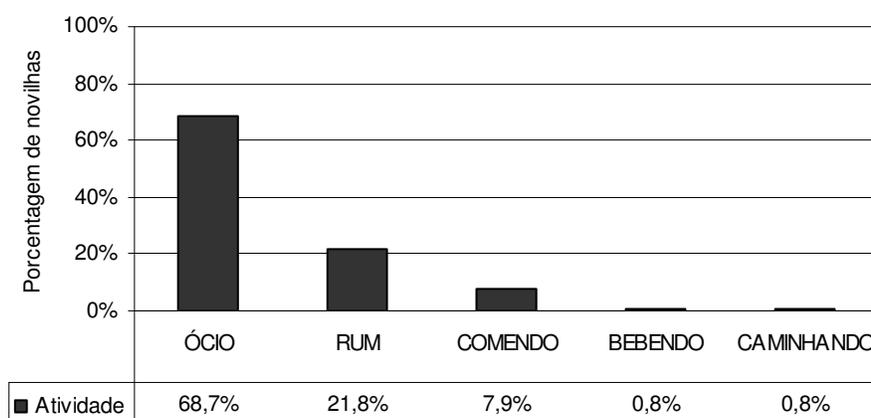


Figura 27 – Análise geral dos animais estudados em diferentes atividades durante a pesquisa

Na distribuição horária das atividades, conforme a figura 28, a porcentagem de novilhas em ócio aumentou das 10:00 às 13:00 horas, começando a cair após as 14:00 horas, mas sempre com a maior porcentagem de animais nessa atividade, resultados

semelhantes aos encontrados por O'Neill et al. (2008). A análise de frequência de ócio e ruminção foi a de maior ocorrência, entre as novilhas, sendo que nas primeiras horas da manhã houve uma maior porcentagem de novilhas ruminando, por ser o período de menor temperatura ambiente, os animais preferem executar essa atividade nos períodos mais frescos, pois é uma atividade que produz calor interno, onde há um incremento calórico e diminuindo no decorrer do dia, estes resultados também foram observados por Conceição (2008); Prasanpanich et al. (2002).

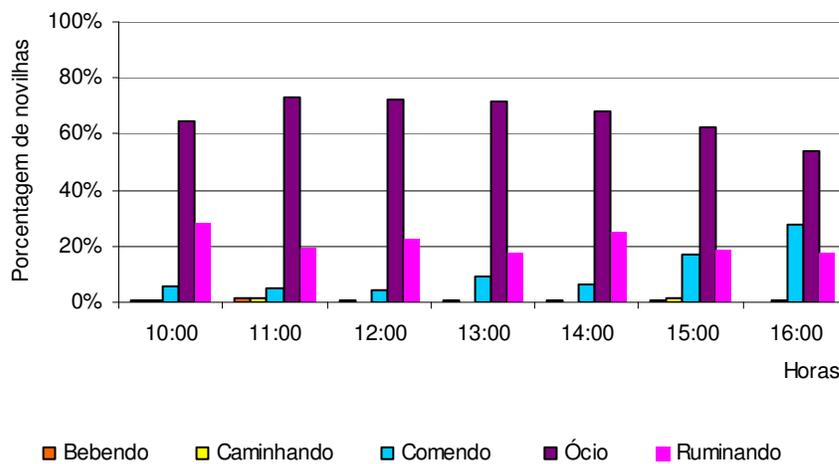


Figura 28 – Distribuição horária da frequência das ocorrências de atividades: ingestão de água (bebendo), caminhando, comendo (pastejando), ócio e ruminando

Chiquitelli Neto (2005) encontrou maior tempo de permanência para os animais em sombra artificial e em ócio do que para os animais em exposição direta ao sol. Essa maior permanência em ócio para os animais à sombra foi também observada nesta pesquisa, em que se observou uma tendência de aumento nos percentuais de permanência das novilhas em ócio, quando estavam sob à sombra (média 72%). Analisando a atividade animal nas diferentes áreas de sombreamento, verifica-se que a permanência das novilhas nas diferentes áreas foram as mesmas (figura 29).

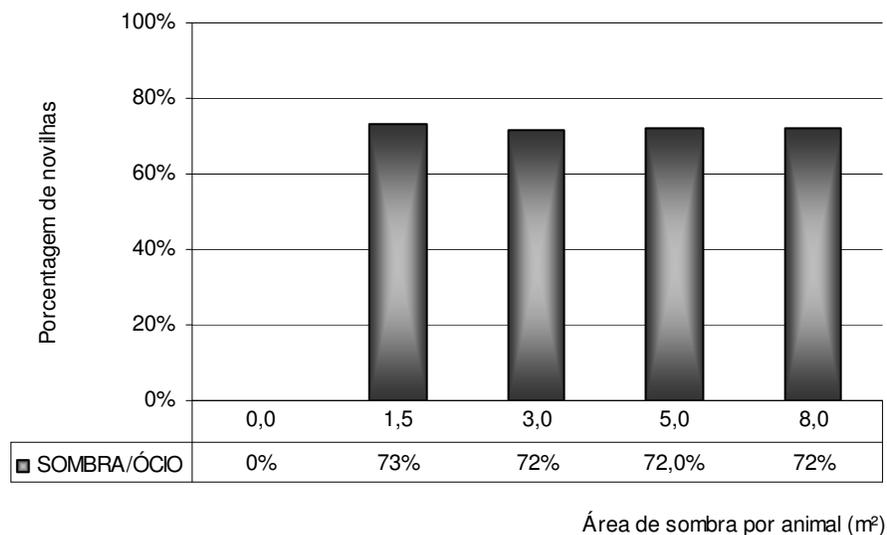


Figura 29 – Distribuição da frequência de atividade em ócio a sombra em função dos tratamentos

Na figura 30 verifica-se que, quando expostas ao sol, a porcentagem de novilhas em ócio foi maior no tratamento testemunha, seguido das áreas de 1,5m² e 8,0m² de sombra, na qual apresentou tendência semelhante de atividade, o mesmo comportamento pode ser observado para os tratamentos 3,0m² e 5,0m², porém, em todas as áreas de sombreamento houve uma menor ocorrência de novilhas em ócio em comparação a testemunha.

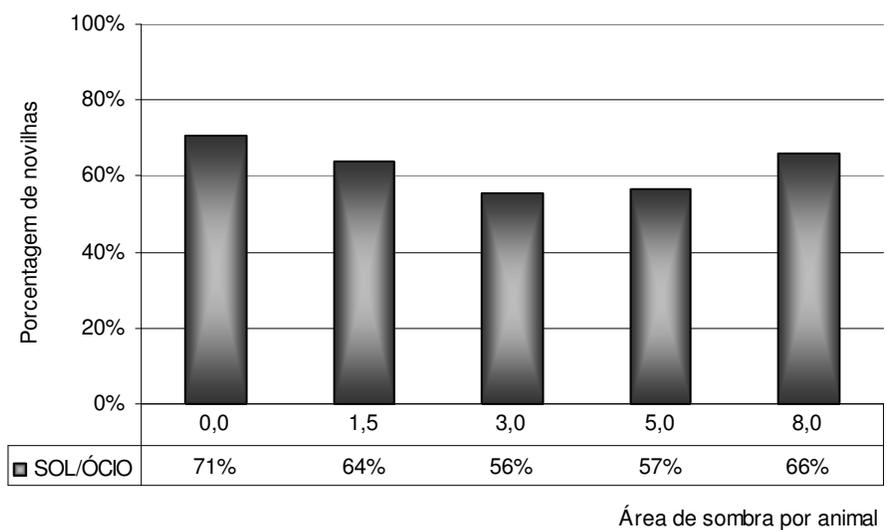


Figura 30 – Distribuição da frequência de atividade em ócio ao sol em função dos tratamentos

Um dos fatores que alteram a atividade de ruminção são os fatores ambientais (FRASER; BROOM, 1990; PIRES et al., 2008), além disso, essa é uma atividade que gera grande quantidade de calor endógeno, nas horas mais quentes do dia os animais tendem a diminuir essa atividade a fim de reduzir a produção de calor metabólico (CONCEIÇÃO, 2008), Na figura 31 verifica-se que, as porcentagens de novilhas ruminando quando na posição à sombra, pode-se observar tendências muito semelhantes em todos os tratamentos, sendo a atividade de maior frequência após o ócio, representando 21,8% de todas as observações.

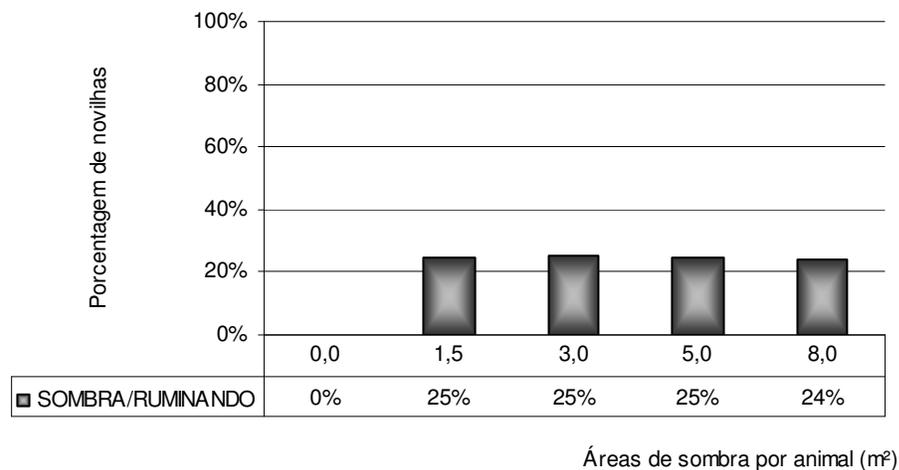


Figura 31 – Distribuição da frequência de atividade ruminando a sombra em função dos tratamentos

O comportamento de pastejo também é alterado em condições de temperatura ambiente e umidade relativa alta, o consumo de alimento passa para períodos de menor estresse térmico (figura 32), em que se pode observar que, no geral a porcentagem de novilhas pastejando aumentou com o decorrer da tarde, estes resultados estão de acordo com Conceição (2008); O'Neill et al. (2008); Pires (2008); Portugal, Pires e Durães (2000); Prasanpanich et al. (2002). Nessas condições, os animais alteram o comportamento de alimentação para os horários em que as condições ambientais (temperatura ar °C e umidade relativa) se encontram nos limites de conforto térmico. A diminuição da atividade de pastejo é uma alteração comportamental para diminuir o ganho de calor pela digestão e atividade muscular (GLASER, 2003). Outro fator que provavelmente influenciou o aumento na atividade de pastejo observado nos horários das 15:00 as 16:00, foi devido ao manejo dos animais,

que foram retirados do pasto às 8:00 horas, ficando no campo experimental sem acesso à alimentação, tendo somente disponível a pastagem remanescente dos piquetes, retornando após as 16:00 horas para o pasto.

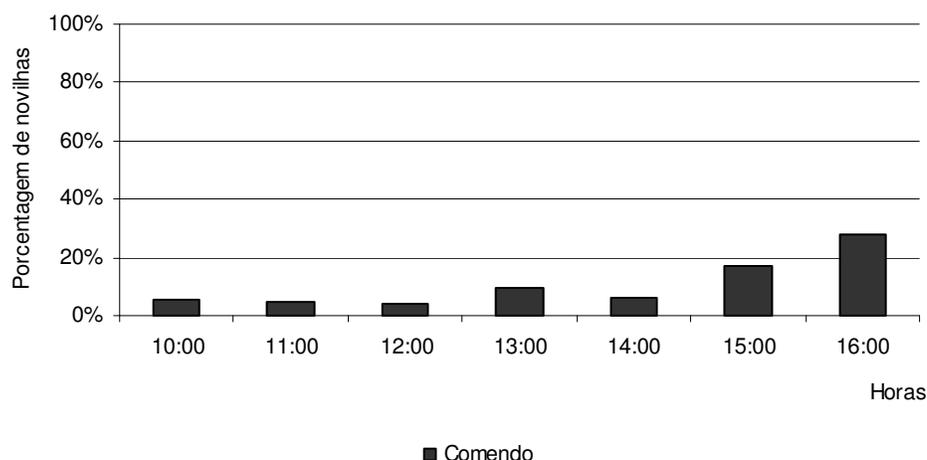


Figura 32 – Distribuição horária da freqüência de permanência dos animais em atividade de comer

Analisando os dados gerais apresentados na tabela 14, os animais expostos aos tratamentos com disponibilidade de uso da sombra, apresentaram menor freqüência de atividade de pastejo (COM) do que os animais ao sol. Quando, ao sol, a tendência de pastejo foi semelhante em todos os tratamentos, com exceção a testemunha, que apresentou uma porcentagem de pastejo bem menor que as demais.

Para as novilhas a sombra o aumento no pastejo foi gradativo, de acordo com o aumento da área de sombreamento, o que se justifica por melhores condições de conforto de acordo com o aumento da área disponível de sombra.

Tabela 14 – Porcentagens de atividades realizadas pelas novilhas nos diferentes tratamentos

	SOL		SOMBRA		
	TEST.	1,5	3,0	5,0	8,0
OCIO	71%	73%	72%	72%	72%
RUM	20%	25%	25%	25%	25%
COM	7%	2%	3%	3%	4%
BEB	1%	0%	0%	0%	0%
CAM	1%	0%	0%	0%	0%

Na atividade de ingestão de água (BEB) as maiores porcentagens de novilhas ocorreram nos tratamentos de 3,0m², 5,0m² e 8m² de sombra. A forma de avaliação da ingestão de água por meio da frequência de animais no bebedouro, não se medindo o volume de água ingerido em cada ida ao bebedouro, talvez o volume ingerido em cada momento fosse o suficiente para diminuir a frequência de ida ao bebedouro.

A atividade de caminhar (CAM) foi a de menor ocorrência entre os comportamentos, juntamente com ingestão de água e pastejo, resultados que corroboram os encontrados por Conceição (2008).

As atividades comportamentais observadas de menor ocorrência foram caminhar, ingestão de água e pastejo, respondendo por 0,77%, 0,88% e 5,5% respectivamente, e as de maior ocorrência, correspondendo a 92,9% de todas as atividades, foi ruminção (28,6%) e ócio (64,3%). o padrão do comportamental observado no presente trabalho seguiu o recomendado pela literatura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo-se uma análise geral dos resultados do presente estudo, consideramos que devido a implicações na duração da pesquisa, ou seja, três meses, dificultou a avaliação do ganho de peso das novilhas, bem como a idade a primeira cria, sendo esses parâmetros um indicativo do desenvolvimento desses animais, já que está diretamente relacionada com a produtividade futura do rebanho. Para um bom desempenho produtivo das novilhas não só boas condições nutricionais devem ser oferecidas, mas também, condições adequadas de conforto térmico, assim a análise de desempenho das novilhas em um período maior devem ser considerados para realizações de futuras pesquisas.

Outra implicação observada nesta pesquisa foi o número de animais avaliado, sendo considerada cada novilha como uma unidade experimental, acredita-se que a avaliação de mais de um animal por parcela seria uma melhor representação das reações comportamentais dos animais, pois, os bovinos são animais gregários e isso afeta diretamente os resultados das atividades comportamentais, já que no caso de pequenas áreas de sombreamento, ou seja, escassez desse recurso aumentaria a competição para a sua utilização, modificando completamente o padrão comportamental das novilhas.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados desta pesquisa conclui-se que:

- Sob o ponto de vista bioclimático por meio da avaliação física do ambiente realizada, concluiu-se que, aumentando a área de sombreamento maior é a redução da Tgn. Sendo assim, quanto maior a área melhor sua qualidade térmica do ar. Não houve diferença estatística entre as áreas de 3,0m², 5,0m² e 8,0m², portanto, recomenda-se 3,0m².

- Sob o ponto de vista fisiológico baseando-se na FR e TS, recomenda-se 1,5m², pois não diferem estatisticamente de 3,0m² e 5,0m².

- Sob o ponto de vista comportamental não houve uma tendência diferenciada entre as diferentes áreas de sombreamento.

A conclusão geral deste projeto é que a melhor área de sombra para animais jovem é de 3,0m² de sombra por animal.

REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, J.L.; ALLISTON, C.W. Effects of varying the environment upon performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Alban, v. 32, p. 566-577, 1972.

ALMEIDA, B.C.N.; MENEZES, W.B.; COSTA, C.C.M.; SILVA, L.F.; MAIA, A.S.C. Orientação com relação à radiação solar e busca por sombra de vacas holandesas manejadas em região semi-árida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Viçosa, 2008. 1 CD-ROM.

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

ARRIGALA.C.G.; HENNING, W.L.; MILLER, R.C. The effects of environmental temperature and relative humidity on the acclimation of cattle to the tropics. **Journal of Animal Science**. Albany, v.11, p. 50-60, 1952.

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

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

_____. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142 p.

BACCARI JR., F.; RAMOS, A.A; VILLARES, J.B. Temperaturas internas e externas de bovinos chianina e zebuínos Nelore. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA RAÇA CHIANINA, 2., 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1978. p.147-153.

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

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

BARBOZA, O.R.; KAZAMA, R.; ROMA, C.F.C.; PRADO, I.N.; JUNKER, R.C.; JACOBI, G.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H. Temperatura da superfície do pelame de bovinos em confinamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. **Anais...**

BENNETT, I.L.; FINCH, V.A.; HOLMES, C.R. Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in there breeds of cattle. **Applied Animal Behavior Science**, Amsterdam, v. 13, p. 227-236, 1985.

BERMAN, A. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. **Journal of animal science**, Albany, v. 83, p. 1377-1384, 2005.

BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D; ARIELI, A. GRABER. Upper critical temperature and forced ventilation effects of high yielding dairy cows in a tropical climate. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 67, p. 488-495, 1985.

BIBBIANI, C.; CONSORTI, S.B. **Shadow tracking procedure applied to feedlot, shade structures**. Disponível em: <www.biblio.vet.unipi.it/annali2005>. Acesso em: 09 jun. 08

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

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

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

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; MORRISON, S.R.; PEREIRA, N. Solar atmospheric and terrestrial radiation received by shaded and unshaded animals. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.10, p.622-625, 1967.

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

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

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; HAHN, G.L. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, New Delhi, v. 28, p. 149-157, 2003.

BUCKLIN, R.A. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Applied Engineering Agricultural**, St. Joseph, v. 7, p. 241-247, 1991.

- BUFFINGTON, D.E.; COLAZO-AROCHO, A.; CATON, G.H. Black globe humidity comfort index (bghi) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 24 n. 4, p.711-714, 1981.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLIER, R.J.; CANTON, G.H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, p.1798-802, 1983.
- CARVALHO, N.M.; OLIVO, C.J. Reações fisiológicas e ganho de peso corporal de novilhas leiteiras, mantidas ao sol e à sombra. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Brasília: SBZ, 1996. 1 CD-ROM.
- CASTANHEIRA, R.G.; COSTA, C.E.S. Programa computacional para o estudo das áreas sombreadas por proteções retangulares em planos verticais e horizontais. In: VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. 1 CD-ROM.
- CHEVILLON, P. O bem estar dos suínos durante o pré-abate e o atordoamento. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_portugues.pdf#page=44>. Acesso em: 15 set. 2008.
- CHIQUITELLI NETO, M. **Sombreamento artificial como tecnologia para melhorar a eficiência econômica e o bem estar na produção de bovinos de corte**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2005.
- COELHO, E. **Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres**. 2000. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- COIMBRA, P.A.D.; MACHADO, T.M.P.; MACHADO FILHO, L.P.; HÖTZEL, M.; NUNES, P.; LIPIARSKI, M. A influência da localização do bebedouro e da sombra no comportamento de bovinos em pastoreio. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, p. 825-829, 2007.
- COLLIER, R.J.; DAHL, G.E.; VANBAALE, M.J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. Champaing, v. 89, p. 1244-1253, 2006.
- COLLIER, R.J.; ELEY, R.M.; SHARMA, A.K. Shade management in subtropical for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**. Champaing, v. 64, p. 844-849, 1981.

CONCEIÇÃO, M.N. **avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens**. 2008. 137 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CONCEIÇÃO, M.N.; SILVA, I.J.O.; DIAS, C.T.S. Avaliação do tipo de sombreamento para novilhas leiteiras em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Resumos expandidos...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

DALY, J.J. Cattle need shade trees. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 110, n. 1, p. 21-24, 1984.

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

DAVISON, T.M.; SILVER, B.A.; LISLE, A.T.A.; ORR, W.N. The influence of shade on milk production of Holstein-Friesian cows in a tropical upland environment. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 28, p. 149-154, 1988.

EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A. **Shade material evaluation using a cattle response model**. 2007. Disponível em: <<http://asae.frymulti.com/azdez.asp?JID=5&AID=24040&CID=min2007&T=2>> Acesso em: 05 abr. 2009.

_____. **Development of a graphical web-based heat stress forecast for feedlot cattle**. 2008. Disponível em: <<http://asae.frymulti.com/azdez.asp?JID=5&AID=24685&CID=prov2008&T=2>> Acesso em: 05 abr. 2009-04-07

EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T.M. Development of a livestock safety monitor for cattle. In: MEETING OF THE AMERICAM SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 2003, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2003.

EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. Part 2: predictive relationships. **Biosystems Engineering**, London, v. 91, n. 1, p. 111–118, 2005.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.V.; 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**, Belo Horizonte, v. 58, p. 732-738, 2006.

FISHER, A.D.; ROBERTS, N.; MATTHEWS, L.R. **Shade**: its use by livestock and effectiveness at alleviating heat challenge. Report to MAF Policy, New Zealand, 2002.

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

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

FRASER, A. F.; BROOM, D.M. **Farm animal behavior and welfare**. 3rd ed. London: Balierre Tindall, 1990. 437 p.

FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of animal science**, Albany, v. 52, n.1, p. 164-174, 1981.

_____. Heat stress and as it affects animal production. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Ames. v. 2, p. 1133-1137.

GAUGHAN, J.B.; GOODWIN, P.J.; SCHOORL, T.A.; YOUNG, B.A; IMBEAH, M.; MADER, T.L.; HALL, A. Shade preferences of lactating Holstein–Friesian cows. Australian **Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 38, p. 17–21, 1998.

GEBREMEDHIN, K. G.; HILLMAN, P. E.; LEE, C. N.; COLLIER, R. J. **Sweating rate of dairy cows under shade and sunny environments**. 2007. Disponível em: <http://asae.frymulti.com/azdez.asp?search=1&JID=5&AID=23261&CID=min2007&T=2> Acesso em: 06 abr. 2009.

GIESECKE, W.H. The effect of stress on udder health of dairy cows. Onderstepoort **Journal of Veterinary Research**, Pretoria, v.52, p.175-193, 1985.

GLASER, F.D. **Aspectos comportamentais de bovinos da raça angus a pato frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

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

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

HAHN, G.L.; MADER, T.L. Heat waves in relation o thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p. 125-129.

HATEM, M.H. An analytical study of the thermal behavior of open. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: ASABE, 2008. 1 CD-ROM.

HARDOIM, P.C. Instalações para bovinos de leite. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA; SBEA, 1998. p. 149-208.

HILLMAN, P.E.; GEBREMEDHIN, K.G.; BROWN-BRANDL, T.M.; LEE, C.V. Thermal analysis and behavior activity of heifers in shade or sunlight. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 7., 2005. Beijing. **Proceedings...** Beijing, 2005. p. 151-161.

HILLMAN, P.E.; GEBREEDHIM, K.G.; PARKHURST, A. FUQUAY, J.; WILLARD, S. **Evaporative and convective cooling of cows in a hot and humid environment.** 2001. Disponível em: <<http://asae.frymulti.com/azdez.asp?JID=1&AID=24114&CID=iles2001&T=2>>. Acesso em: 05 abr. 2009

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

IVANOV, K.P. The development of the concepts of homeothermy and thermoregulation. **Journal of Thermal Biology**, St. Louis, v. 31, p. 24-29, 2006.

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

KENDALL, P.E.; NIELSEN, P.P.; WEBSTER, J.R.; VERKERK, G.A.; LITTLEJOHN, R.P.; MATTHEWS, L.R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 103, p. 148–157, 2006.

LABEN, R.C. Factors responsible for variation in milk composition. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.46, p.1293, 1963.

LEÃO, J.F.M. Pastagens dos haras exigem arborização adequada. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, p. 18-19, set. 1996.

LEME, T.M.S.P.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S.; ALVIM, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeitos das variáveis climáticas sobre a fisiologia de bubalinos criados em sistema silvipastoril, em Belém do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2006.

MARTELLO, L.S. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações.** 2002. 111 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

_____. **Interação animal ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall.** 2006. 106 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Engenharia e Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JR., 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**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour** : an introductory guide. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 222 p

MARTINS, J.L. **Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condição de pastagem.** 2001. 99 p. Dissertação (Mestrado em Águas e Solos) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MARTINS, J.L.; SILVA, I.J.O.; FAGNANI, M.A.; PIEDADE, S.M. Avaliação da qualidade do sombreamento natural (arbóreo) em pastagens em condições de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.

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.

MILKPOINT. 2008. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br>> Acesso em: 05 abr. 2009.

MITLÖHNER, F.M.; MORROW, J.L.; DAILEY, J.W.; WILSON, S.C.; GALYEAN, M.L.; MILLER, M.F.; MCGLONE, J.J. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 79, p. 2327-2335, 2001.

MOBERG, G.P. Problems in defining stress and distress in animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 191, p. 1207-1211, 1987.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos.** Porto Alegre: Sulina, 1989. 262 p.

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

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

NÃÃS, I.A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspensão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 139-142, 2001.

NÃÃS, I.A.; SOUZA, S.R.L. Ambiência - Eficiência e qualidade na produção animal. In: ZOOTECA, 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Zootec, 2003. v. 1, p. 64-74.

NISHIDA, S.M. **Apostila de neurofisiologia**. Disciplina: Fisiologia comparada. <<http://www.ibb.unesp.br/departamentos/fisiologia>> Acesso em: 14 ago. 2008.

O'NEILL, C.J.; SILVA, R.G.; BISHOP-HURLEY, G.J.; WARK, T.; SWAIN, D.L. Aplicações da radio-telemetria no monitoração do ambiente de um animal e sua resposta comportamental a este ambiente: gado de corte nos trópicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Resumos expandidos...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; PIRES, M.F.A. Sistemas silvipastoris para a produção de leite: As pastagens e o meio ambiente. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS, 23., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 327-351.

PARANHOS da COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, Florianópolis, v. 18, p. 26-42, 2000.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistema de climatização em galpões tipo "Free-Stall" para bovinos leiteiros**. 2003. 122 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

_____. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 167 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PETERS, M.D.P.; SILVEIRA, I.D.B.; RODRIGUES, C.M. Interação humano e bovino de leite. **Archives de Zootecnia**, Córdoba, v. 55, p. 9-23, 2007.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T.; NOVAES, L.P. **Razas lecheras: ambiente y comportamiento animal en los trópicos**. Disponível em: <<http://www.secnetpro.com/fepale/foro3/Modulo%203.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2008.

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

PRASANPANICH, S.; SIWICHAI, S.; TUNSARINGKARN, K.; THWAITES, C.J.; VAJRBUKKA, C. Physiological responses of lactating cows under grazing and indoor feeding conditions in the tropics. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, p. 341-344, 2002.

PRASANPANICH, S.; SUKPITUKSAKUL, P.; TUDSRI, S.; MIKLED, C.; THWAITES, C.J.; VAJRBUKKA, C. Milk production and eating patterns of lactating cows under grazing and indoor feeding conditions in central Thailand. **Tropical Grassland**, Santa Lucia, v. 36, p. 107-115, 2002

RASGDALE, A.C. Environmental physiology with special reference to domestic animal, influence of increasing of temperature 40o to 105o F on milk production in Brown Swiss cows, and on feed and water consumption and body weight in Brown Swiss and Brahman cows and heifers. **Missouri Agriculture Research Bulletin**, Columbia, n. 471, 1961.

REYES, L.A. **Modificaciones ambientales para reducir el estrés calórico em el ganado lechero**. Disponível em: <<http://www.infoleche.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

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

ROSSAROLLA, G. **Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa, em pastagem de milho com e sem sombra**. 2007. 47 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal - Bovinocultura leiteira) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS OnlineDoc® 9.1.3**. Cary, 2004.

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; MATTHEWS, L. R. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v.114, p. 307-318, 2008.

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

SILVA, R.B.S.; SOUZA JUNIOR, J.B.F.; DOMINGOS, H.G.T.; MAIA, A.S.C. Variação circadiana da temperatura retal e da superfície do pelame e da frequência respiratória em vacas holandesas manejadas em ambiente tropical numa região semi-árida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Resumos expandidos...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

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

_____. Predição da configuração de sombras de árvores e, pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 268-281, 2006.

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

SOUZA JUNIOR, J.B. F.; DOMINGOS, H.G.I.; SILVA, R.B.; MAIA, A.S.C. Estoque térmico em vacas holandesas manejadas em ambiente tropical numa região semi-árida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Resumos expandidos...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

SPAIN, J.N; SPIERS, D.E. Effects of supplemental shade of calves to heat challenge in on thermoregulatory response a hutch environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, p. 639-646, 1996.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 855 p.

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

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

TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G. **Condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris em Presidente Médici – Rondônia**. Disponível em:
<http://www.cpafro.embrapa.br/Pesquisa/public/2000/past_forrag/cot%20188.PDF>
Acesso em: 25 ago. 2008.

TUCKER, C.B.; ROGERS, A.R.; SCHÜTZ, K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 109, p. 141-154, 2008.

URDAZ, J.H.; OVERTON, M.W.; MOORE, D.A.; SANTOS, E.P. Effects of adding shade and fans to a feedbunk sprinkler system for preparturient cows on health and performance: technical note **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 2000-2006, 2006.

VALTORTA, S.E.; GALLARDO, M.R.; CASTRO, H.C.; CASTELLI, M.E. Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 233-236, 1996.

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

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

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