

# EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO GADO LEITEIRO<sup>1</sup>

MAURÍCIO PERISSINOTTO<sup>2</sup>, DANIELLA J. DE MOURA<sup>3</sup>, SORAIA V. MATARAZZO<sup>4</sup>, IRAN J. O. DA SILVA<sup>5</sup>, KARLA A. O. DE LIMA<sup>6</sup>

**RESUMO:** Este trabalho avaliou diferentes sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) (aspersão e nebulização), conjugados com a ventilação forçada, quanto à eficiência térmica na redução do estresse térmico de bovinos leiteiros. O experimento foi desenvolvido em um rebanho leiteiro comercial localizado em São Pedro - SP, compreendendo 28 dias consecutivos de novembro de 2003, utilizando-se de 10 animais da raça Holandesa em lactação, alojados em sistema de “freestall”. A umidade relativa do ar, a temperatura ambiente e a temperatura de globo negro foram registradas a cada 15 minutos, durante todo o período. A temperatura retal, a frequência respiratória e a temperatura dos pelames branco e preto foram medidas nos horários das 9; 11; 13; 15 e 17 h, durante nove dias não-consecutivos. Concluiu-se que os sistemas de resfriamento estudados, comparados entre si, não promoveram diferenças significativas na temperatura retal, na frequência respiratória e na temperatura média do pelame preto. Já a temperatura média do pelame branco foi significativamente menor no tratamento com aspersão que no tratamento com nebulização, nos horários das 11 e 13 h. O sistema de resfriamento com nebulização promoveu reduções significativas nas temperaturas de bulbo seco, de globo negro e no índice de temperatura de globo e umidade comparado ao sistema de aspersão. Tanto o sistema de aspersão como o sistema de nebulização reduziram, significativamente, a temperatura máxima do abrigo em relação à temperatura do ambiente externo.

**PALAVRAS-CHAVE:** fisiologia animal, ambiência, conforto térmico.

## THERMAL EFFICIENCY OF CLIMATIZATION SYSTEMS IN THE REDUCTION OF THERMAL STRESS IN FREE-STALL

**ABSTRACT:** This research evaluated the thermal efficiency of two evaporative cooling systems, sprinkler and misting, associated with forced ventilation, on the dairy cows thermal stress relief. The study was carried out in a commercial dairy cattle farm located in São Pedro city, state of Sao Paulo, Brazil. The duration of the experiment was twenty-eight consecutive days of November 2003, and 10 Holstein cows lodged in a freestall barn were studied. The relative humidity, the dry bulb temperature and black globe temperature were registered every 15 minutes, during all experimental period. Among these cows, five were selected for collecting physiological data (respiratory frequency, rectal temperature and temperature in white and black surfaces) at 9:00 a.m., 11:00 a.m., 1:00 p.m., 3:00 p.m. and 5:00 p.m., during nine non-consecutive days. According to the results, it was concluded that both of the cooling systems studied did not cause any significant differences on the rectal temperature, respiratory frequency and temperature in black surface. However, the temperature in white surface was significantly lower in the sprinkling system, at the time of 11 a.m. and 1 p.m. The misting system reduced significantly the wet bulb temperature, black globe temperature and humidity index, when compared to the sprinkling system. Both cooling systems reduced the maximum wet bulb temperature of the barn compared to the external environment.

**KEYWORDS:** heat stress, sprinkler, thermal comfort.

<sup>1</sup> Extraído da dissertação apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, no curso de Física do Ambiente Agrícola.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutorando em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, mperissi@esalq.usp.br.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Profa. Dra., FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>4</sup> Zootecnista, Doutora em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Dr., ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

<sup>6</sup> Médica Veterinária, mestranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 6-6-2005

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 24-7-2006

## INTRODUÇÃO

O bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas baseando-se na premissa de que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. O estresse é um termo geral que implica ameaça à qual o corpo precisa ajustar-se (BORELL, 1995), para tanto, comprometendo o uso de energia. Segundo FRASER et al. (1975), quando um animal está em estresse, fazem-se necessários ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento para adaptar-se a aspectos adversos do seu ambiente e manejo. Essa adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para tentar manter a homeostase, o equilíbrio de suas funções e a integração desses três sistemas (BORELL, 1995).

O principal fator a ser considerado para garantir o conforto ao animal, em países tropicais e subtropicais, é minimizar os efeitos do estresse térmico. As condições climáticas nessas regiões são grande desafio aos produtores, por alterarem os três processos vitais dos animais: a manutenção, a reprodução e a produção de leite (HEAD, 1995).

Os bovinos são animais homeotérmicos capazes de manter a temperatura corporal, independentemente das variações da temperatura ambiente, tendo sido alojados nos mais diversos tipos de clima, submetidos a variadas práticas de manejo. O ambiente físico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que abrange elementos meteorológicos que afetam os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o meio. Uma vez que a carga térmica total resulta da produção de calor metabólico mais o calor ambiental, vacas de alta produção, que apresentam metabolismo intenso devido à ingestão de grandes quantidades de nutrientes, têm maior dificuldade para manter a temperatura corporal em níveis normais (HEAD, 1989). O ambiente térmico representa, portanto, um fator de restrição para a eficiência máxima de produção, principalmente nos sistemas intensivos. Tem sido considerado que a maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida pela diminuição no consumo de alimentos (matéria seca) e conseqüente redução na ingestão de energia metabolizável, com o objetivo de promover a perda de calor e manter a homeostase (HUBER, 1990).

A capacidade do animal de resistir às condições de estresse calórico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória. A medida da temperatura retal é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes, pois seu aumento mostra que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes (MOTA, citado por MARTELLO et al., 2002). Na defesa contra o estresse pelo calor, os bovinos aumentam a frequência respiratória e a taxa de produção de suor, o que possibilita as perdas de calor do corpo por evaporação (BACCARI JUNIOR, 2001). A pele contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente, sendo que, em temperaturas mais amenas, o calor é dissipado para o ambiente na forma sensível e, sob estresse pelo calor, o principal processo de perda de calor é o da evaporação.

Este trabalho teve como objetivo a avaliação dos sistemas de resfriamento (aspersão e nebulização), conjugados com a ventilação forçada, quanto ao seu efeito nos parâmetros fisiológicos de vacas leiteiras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de São Pedro - SP, em um rebanho leiteiro comercial, mantido em abrigo do tipo *freestall*, de 120 m de comprimento, 28 m de largura, 9 m de altura, no centro, e 3,5 m de pé-direito, com capacidade para alojar 200 animais adultos, divididos em dois lotes. O galpão é totalmente aberto, os pilares são de madeira, e o piso, de concreto ranhurado para melhor escoamento da água e dejetos, com corredor central medindo 2,92 m de largura. As camas são forradas com borracha de pneu e recobertas por tecido impermeável e pó-de-serra, com dimensões de 1,10 m de largura e 2,12 m de comprimento. O número total de camas por

lote é 114, sendo divididas em dois grupos de 57 camas dispostas frente a frente. Sua orientação é na direção leste-oeste, possuindo telhado com telhas cerâmicas.

O estudo teve a duração de 28 dias consecutivos do mês de novembro de 2003, sendo os sete primeiros dias do experimento destinados à adaptação dos animais aos sistemas de climatização a serem testados. Utilizaram-se 20 vacas Holandesas puras por cruza, múltíparas, em lactação, com peso médio de 650 kg e selecionadas de acordo com a produção de leite (média de 20 litros animal<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) e dias de lactação (média de 180 dias), sendo, então, divididas ao acaso em dois grupos de 10 animais, com cada grupo recebendo um tipo de climatização. Os tratamentos avaliados foram: tratamento 1 (T1): ventilação forçada associada ao sistema de aspersão e tratamento 2 (T2): ventilação forçada associada a sistema de nebulização.

A ventilação forçada, em ambos os tratamentos, foi realizada com cinco ventiladores axiais da marca CASP<sup>®</sup> VA 92 *plus*, espaçados a cada 11 m, equipados com motor de ½ cv, com capacidade de produzir movimentação de ar de até 2,5 m s<sup>-1</sup> em um raio de 14 a 15 m, na altura do dorso dos animais. Os ventiladores instalados na área de alimentação dos animais foram montados a 2,5 m de altura, e os instalados na área de descanso, a 2,0 m de altura.

Os sistemas de aspersão e de nebulização foram instalados logo abaixo dos ventiladores, sobre o cocho de alimentação dos animais, sendo constituídos por canos de PVC, com espaçamento entre bicos de 1 m e, assim como os ventiladores, tiveram seu funcionamento controlado por um termostato e um *timer*. O sistema era acionado quando a temperatura ambiente ultrapassava 24 °C. O sistema de aspersão foi equipado com bicos com vazão de 30 L h<sup>-1</sup> por bico, com ciclos de funcionamento de 12 min, isto é, o sistema permaneceu ligado 60 s, e desligado durante 11 min, totalizando 12 min de funcionamento. O sistema de nebulização foi equipado com bicos com vazão de 2,5 L h<sup>-1</sup> por bico e foi regulado para funcionar em ciclos de 1 min, ficando ligado 20 s e desligado 40 s. Os ciclos de acionamento de ambos os sistemas foi determinado por meio de testes preliminares (PERISSINOTTO et al., 2003).

As variáveis meteorológicas temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de globo negro (Tgn) foram coletadas no interior e no exterior da instalação, utilizando *dataloggers* HOBO<sup>®</sup>, modelo H08-00X-02, que possui faixa de funcionamento entre -20 °C a +70 °C de temperatura e 0 a 95% de umidade relativa. Esses *dataloggers* possuem acuracidade de 0,7 °C a 21 °C e ±5%, sendo equipados com sensor externo que permite a aquisição da Tgn. Os *dataloggers* foram instalados no centro geométrico de cada tratamento, sendo outro instalado fora do galpão, na sombra, a 1,5 m do piso para a coleta dos dados externos, com exceção da temperatura de globo que só foi coletada no interior do *freestall*. As leituras foram realizadas e armazenadas a cada 15 min, continuamente, entre 9 e 17 h, quando os sistemas de resfriamento normalmente se encontravam acionados, durante todo o período experimental.

A partir dos dados meteorológicos coletados, foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (originalmente desenvolvido por THOM, 1958) que, de acordo com BUFFINGTON et al. (1981), é um índice comumente utilizado para avaliar o estresse térmico do gado leiteiro, enquanto o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), também utilizado em gado leiteiro, leva em conta os efeitos da ventilação e da radiação solar na sensação térmica dos animais, como pode ser observado nas equações a seguir:

$$ITU = Tbs + 0,36 Tpo + 41,7 \quad (1)$$

em que,

Tbs - temperatura de bulbo seco, °C, e  
Tpo - temperatura de ponto de orvalho, °C.

$$ITGU = Tgn + 0,36 Tbs + 41,5 \quad (2)$$

em que,

Tgn - temperatura de globo negro, °C.

As vacas eram ordenhadas três vezes ao dia (1; 9 e 17 h), e sua produção, registrada diariamente. Os horários de arração (7 e 15 h) e a dieta alimentar foram mantidos de acordo com a rotina da fazenda. A dieta consistiu em silagem da gramínea Tifton, polpa cítrica, silagem de milho, milho úmido, silagem de alfafa pré-secada, caroço de algodão e concentrado.

Os dados fisiológicos monitorados foram temperatura retal (TR) (termômetro clínico digital inserido no reto), frequência respiratória (FR) (contagem dos movimentos da região do flanco, durante 15 s) e temperatura dos pelames branco (TB) e preto (TP) (termômetro de infravermelho), obtidos às 9; 11; 13; 15 e 17 h, com o objetivo de avaliar o perfil ao longo do dia. Na tomada dos dados de temperatura do pelame sobre o dorso do animal, utilizou-se do valor de 0,5 de emissividade para o pelame branco e o valor de 0,95 para o preto. A coleta dos dados fisiológicos foi feita em nove dias não-consecutivos do período experimental, evitando que se estressassem os animais com procedimentos invasivos diários, como é o caso da mensuração da temperatura retal.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, considerando como blocos os dias de análise, e os tratamentos foram os diferentes tipos de climatização. Para o estudo de comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey. Os resultados de análise estatística foram obtidos por meio do programa estatístico “*Statistical Analysis System*” (SAS, 1992).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios das variáveis climáticas resultantes da análise estatística. A Tbs, o Tgn e o ITGU foram significativamente menores em T2 comparadas a T1. Quando se compara a TMáx média obtida em T2, com a TMáx média externa, observa-se que a nebulização reduziu, significativamente, a temperatura externa em 1,6 °C. No caso de temperaturas extremas, até o sistema de aspersão diferiu, significativamente, do meio externo, enquanto ambos os tratamentos não diferiram entre si. Já o ITU, que não considera o efeito da radiação solar no seu cálculo, não diferiu significativamente entre T1, T2 e a média externa.

TABELA 1. Variáveis climáticas médias obtidas no período experimental entre 9 e 17 h.

Variáveis Climáticas	Tratamentos		
	T1	T2	Externo
Temperatura de bulbo seco (Tbs, °C)	27,0 b	26,6 a	27,3 b
Umidade Relativa (UR, %)	59,8 a	60,3 b	60,0 ab
Temperatura de Globo Negro (Tgn, °C)	27,5 b	27,1 a	-
Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	75,1 ab	74,7 ba	75,6 b
Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)	75,5 b	75,0 a	-
Temperatura máxima (Tmáx., °C)	29,4 a	29,0 a	30,6 b

a,b: médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

Os valores para temperatura do ar mostraram-se acima do ideal para vacas em lactação, em ambos os tratamentos, os quais, segundo HUBER (1990), estão entre 4 °C e 26 °C. Os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) apresentaram-se dentro dos limites para caracterização de situações de alerta, segundo a maioria dos autores. A situação de alerta é caracterizada com intervalos que divergem entre os autores, sendo considerada acima de 72, segundo JOHNSON (1980), entre 75 e 78, segundo ROSEMBERGER et al. (1983), e acima de 76, segundo IGONO & JOHNSON (1992). Quanto ao ITGU, a caracterização foi também de alerta, pois, segundo BAËTA (1985), os limites para essa faixa encontram-se entre 74 e 78.

A umidade relativa foi significativamente maior em T2 (60,3%) que em T1 (59,8%), entretanto ambos os valores não diferiram do meio externo (60%). Esse fato era esperado, pois se trata de galpão totalmente aberto, sendo altamente influenciado pelas condições climáticas externas. A nebulização produz maior concentração de vapor d'água, o que leva ao aumento

significativo da UR; já o uso da aspersão tem a função de molhar os animais, não produzindo vapor d'água e, portanto, não influencia na UR resultante.

Por outro lado, o uso de aspersores associados à ventilação forçada, mesmo que não reduzindo significativamente a temperatura do ar, ao molhar o dorso das vacas tem produzido significativos incrementos na produção de leite em climas quentes, como mostram vários trabalhos (BUCKLIN et al. (1991), BUCKLIN & BRAY (1998), CALEGARI et al. (2003), FLAMEMBAUM et al. (1986), FRAZZI et al. (2002), FRAZZI et al. (2003), LIN et al. (1998), STRICKLAND et al. (1989) e TURNER et al. (1992)).

Nas Figuras de 1 a 4, são mostradas as médias horárias do ITU, ITGU, Tbs e UR, respectivamente, dos dois tratamentos e do ambiente externo (com exceção do ITGU) para o período em estudo, respectivamente. Analisando-se as Figuras 1 e 3, observa-se o efeito do resfriamento, principalmente a partir das 13 h, porém apenas o efeito da nebulização foi significativo na redução da Tbs.

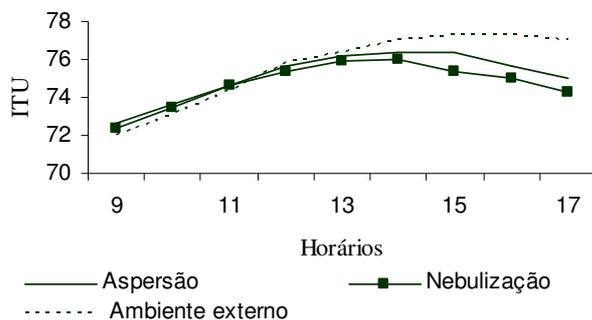


FIGURA 1. Médias horárias do índice de temperatura e umidade, nos dois tratamentos e no ambiente externo.

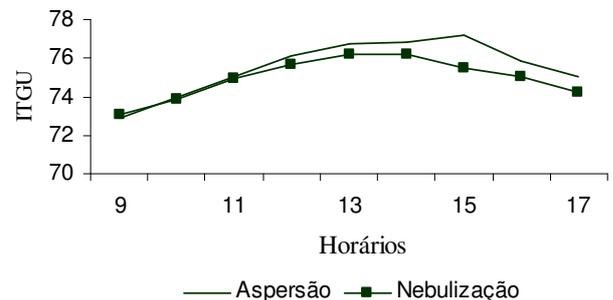


FIGURA 2. Médias horárias do índice de temperatura de globo e umidade, nos dois tratamentos.

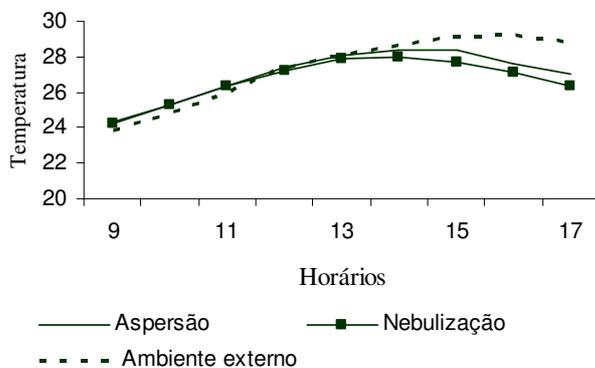


FIGURA 3. Médias horárias da temperatura, nos dois tratamentos e no ambiente externo.

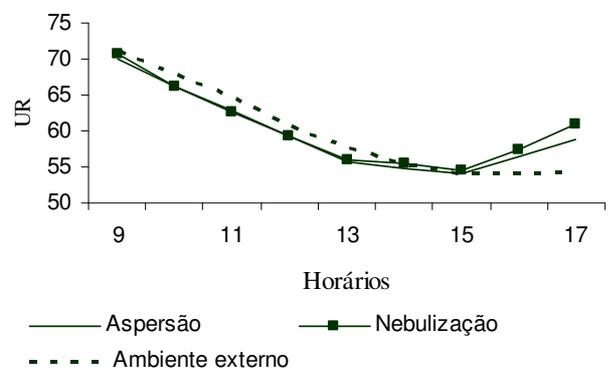


FIGURA 4. Médias horárias da umidade relativa, nos dois tratamentos e no ambiente externo.

Na Figura 2, observa-se que, a partir das 11 h da manhã, o efeito da nebulização no resfriamento do ar já é evidenciado em relação ao sistema de aspersão, tendo seu maior diferencial às 15 h, assim como ocorreu com o ITU (Figura 1). Por outro lado, na Figura 4, observa-se que, a partir das 15 h, a UR aumentou nos dois tratamentos em relação à UR externa. Nesse mesmo período, após as 15 h, a nebulização aumentou a concentração de vapor na instalação, resultando em valores de UR mais altos em T2 do que em T1.

Quanto aos dados fisiológicos obtidos, em nenhuma das variáveis foi encontrada diferença estatística significativa entre os tratamentos, com exceção da temperatura da superfície da pele branca dos animais. No entanto, é possível fazer uma análise dos dados apontando algumas observações importantes apresentadas nas Figuras 5; 6; 7 e 8.

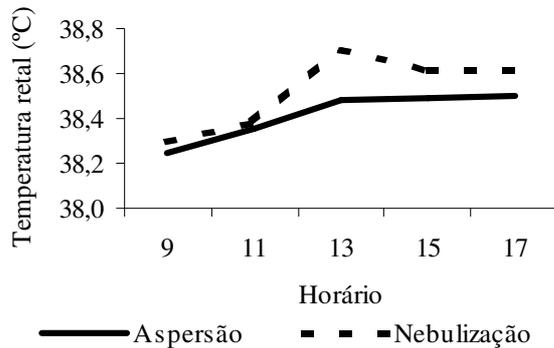


FIGURA 5. Médias da temperatura retal dos animais, nos tratamentos e nos horários analisados.

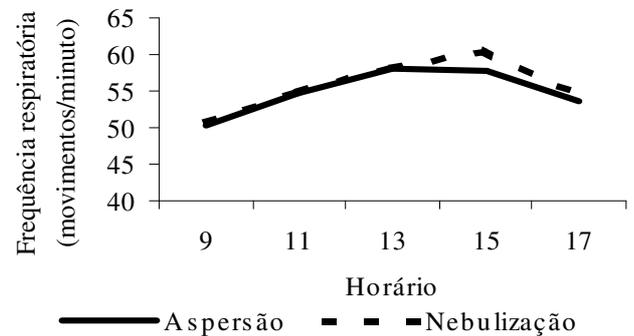


FIGURA 6. Médias da frequência respiratória dos animais, nos tratamentos e nos horários analisados.

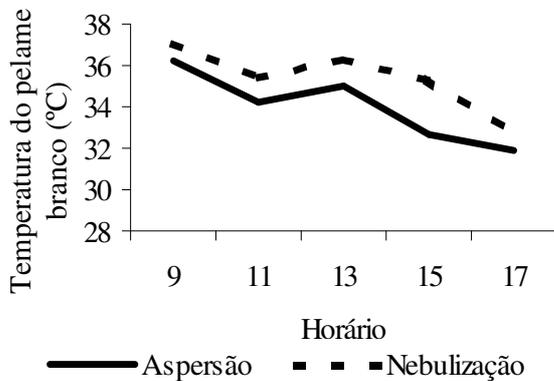


FIGURA 7. Médias de temperatura da superfície da pele branca dos animais, nos tratamentos e nos horários analisados.

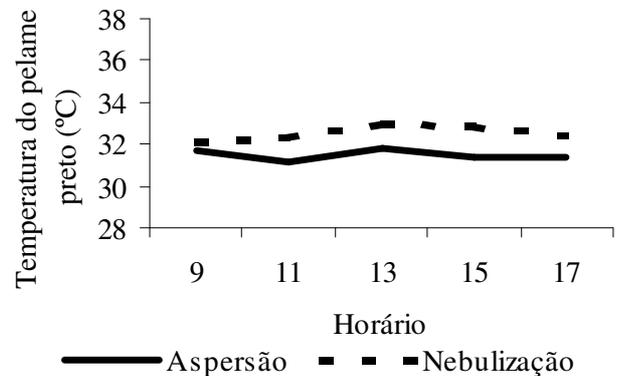


FIGURA 8. Médias de temperatura da superfície da pele preta dos animais, nos tratamentos e nos horários analisados.

Nessas figuras (5; 6; 7 e 8), são mostradas, respectivamente, as médias da temperatura retal, da frequência respiratória, da temperatura do pelame branco e da temperatura do pelame preto dos animais nos diferentes tratamentos, respectivamente, obtidos durante os nove dias de coleta de dados, nos horários analisados.

Observa-se, na Figura 5, que a temperatura retal média dos animais mostra tendência de elevação durante o decorrer do dia, para ambos os tratamentos estudados, concordando com os resultados obtidos por MARTELLO (2002) e BACCARI JÚNIOR et al. (1984), que observaram que a temperatura retal média do período da tarde é, em geral, mais elevada que a do período da manhã. No tratamento com nebulização, a TR atinge valores superiores aos encontrados no tratamento com aspersão, a partir das 11 h da manhã, porém, como já foram mencionadas, essas diferenças não foram significativas. Os valores médios encontrados para o T1 e para o T2 foram, respectivamente: 38,2 e 38,3 °C (9 h); 38,4 e 38,4 °C (11 h); 38,5 e 38,7 °C (13 h); 38,5 e 38,6 °C (15 h) e 38,5 e 38,6 °C (17 h). De acordo com os dados da literatura, em nenhum momento, os valores de TR, de ambos os tratamentos, ultrapassaram o valor limite de 39 °C considerado como indicativo de estresse térmico. Segundo BERMAN et al. (1985) e SILANIKOVE (2000) (ou 1992), pequenos acréscimos na temperatura retal, a partir de 39 °C, são negativamente correlacionados à produção de leite.

A frequência respiratória média dos animais também apresentou tendência de elevação durante o decorrer do dia, para ambos os tratamentos estudados (Figura 6). No tratamento com nebulização (T2), a FR atingiu valores médios superiores aos encontrados no tratamento com aspersão, a partir das 13 h, alcançando seu valor máximo às 15 h, com 61 movimentos por minuto, contra 58 movimentos por minuto em T1. MITLÖHNER et al. (2001) também encontraram valores superiores de FR em tratamentos com sistemas de resfriamento por nebulização (94 respirações por minuto), comparados com bovinos submetidos a sistemas de resfriamento por aspersão (89 respirações por minuto).

A observação da temperatura média do pelame branco dos animais mostra tendência de diminuição durante o decorrer do dia, para ambos os tratamentos estudados (Figura 7).

No tratamento com nebulização, a TB atingiu valores superiores aos encontrados no tratamento com aspersão, durante todos os horários analisados, porém encontrou-se diferença significativa entre os sistemas de climatização nos horários das 13 h (35,0 e 36,3 °C) e 15 h (32,7 e 35,3 °C) para os tratamentos com aspersão e nebulização, respectivamente. O fato de a TB diminuir ao longo do dia se explica pela maior percentagem de animais próximos ao sistema de climatização, durante o período mais quente do dia, apresentando variação média de 4,3 °C para ambos os tratamentos estudados. A observação da temperatura média do pelame preto dos animais mostra pouca variação no decorrer do dia para ambos os tratamentos estudados, sendo a diferença entre a maior e a menor temperatura coletada de 0,6 °C para a TA e 0,8 °C para a TN (Figura 8).

Assim como ocorreu com a TB, no tratamento com nebulização, a TP atingiu valores superiores aos encontrados no tratamento com aspersão, durante todos os horários analisados (Figura 8). Entretanto, não se observou diferença estatística entre os sistemas de climatização testados. A TP praticamente não variou ao longo do dia, no T1 e no T2, e foi menor que a TB, permanecendo entre valores de 31,4 e 32,5 °C. Segundo SILVA et al. (2001), a quantidade de radiação transmitida por meio do pelame depende da coloração e também das características estruturais do pelame (espessura da capa; comprimento, diâmetro, número e inclinação dos pêlos), pelas quais é definido o trajeto médio de um fóton pela massa de pêlos (L). De acordo com MCDOWEL (1974), a pelagem branca absorve 50% menos raios solares que a pelagem preta e, com relação à reflexão desses raios solares, a pele branca reflete seis vezes mais que a preta. Sendo, assim, a maior transmissão proporcionada por pelames brancos com altos valores de L, ao passo que pelames negros, em geral, apresentam transmissão nula ou muito baixa. Dessa forma, o pelame preto, tendo maior absorção e menor transmissão, acaba trocando menos calor com o ambiente que o pelame branco, mantendo menor temperatura quando em contato com o resfriamento e apresentando menor variação ao longo do dia.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de resfriamento estudados, nebulização e aspersão, ambos associados à ventilação forçada, comparados entre si, não promoveram diferenças significativas na temperatura retal, frequência respiratória e temperatura média do pelame preto dos dez animais do experimento.

A temperatura média do pelame branco foi significativamente menor no tratamento com aspersão que no tratamento com nebulização em apenas dois horários: 11 e 13 h.

O sistema de resfriamento com nebulização, associada à ventilação forçada, promoveu reduções significativas nas temperaturas de bulbo seco, de globo negro e no índice de temperatura de globo e umidade comparado ao sistema de aspersão associada à ventilação forçada.

Ambos os sistemas de resfriamento reduziram significativamente a temperatura máxima do abrigo em relação à temperatura do ambiente externo.

**REFERÊNCIAS**

- BACCARI JUNIOR, F. *Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142 p.
- BACCARI JUNIOR, F.; FRÉ, C.A.; ASSIS, P.S.; GARCIA, E.A. Valores fisiológicos da temperatura retal em vacas holandesas em clima tropical de altitude. In: ENCONTRO DE PESQUISAS VETERINÁRIAS, 1., 1984, Londrina. *Anais...* Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1984. p.15-22.
- BAËTA, F.C. *Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season*. 1985. 218 f. Thesis (PhD.) University of Missouri, Columbia, 1985.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*, Fairfield, v.68, n.3, p.488-95, 1985.
- BORELL, E. Van. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, Saskatoon, v.44, p.219-27, 1995.
- BRAY, D.R.; BUCKLIN, R.A.; MONTOYA, R.; GIESY, R. Means to reduce environmental stress on dairy cows in hot, humid climates. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 1994, Orlando, Florida. *Anais...* Orlando: ASAE, 1994. p.589-97.
- BUCKLIN, R.A.; BRAY, D.R. The american experience in dairy management in warm and hot climates. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1998, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1998. p.56-174.
- BUCKLIN, R.A.; TURNER, L.W.; BEEDE, D.K.; BRAY, D.R.; HEMKEN, R.W. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.7, n.2, p.241-7, 1991.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.
- CALEGARI F.; CALAMARI, L.; FRAZZI, E. Effects of ventilation and misting on behaviour of dairy cattle in the hot season in South Italy. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCES, 5., 2003, Forth Worth, Texas. *Proceedings...* ASAE, 2003. p.303-11.
- FLAMENBAUM, I.D.; WOLFENSON, 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*, Washington, v.69, n.12, p.3140-7, 1986.
- FRASER, D.; RITCHIE, J.S.D.; FRASER, A.F. The term “stress” in a veterinary context. *British Veterinary Journal*, Newmarket Suffolk, v.13, n.1, p.653-62, 1975.
- FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. Productive response of dairy cows to different barn cooling systems. *Transaction of the ASAE*, St Joseph, v.45, n.2, p.395-405.
- FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. Assessment of a thermal comfort index to estimate the reducing of milk production caused by heat stress in dairy cows herds. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., 2003, Forth Worth, Texas. *Proceedings...* ASAE, 2003. 269-76.
- FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F.; STEFANINI, L. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 4., 1998, St. Louis, Missouri. *Anais ...* St. Louis: ASAE, 1998. p.387-94.
- HEAD, H.H. The strategic use of the physiologic potential of the dairy cows. In: SIMPÓSIO DE LEITE NOS TRÓPICOS: NOVAS ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO, 1., 1989, Botucatu. *Anais...* São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1989. p.38-89.

- HEAD, H.H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1995, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBBiomet, 1995. p.26-68.
- HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C., FARIA, V.P. *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.33-48.
- IGONO, M.O.; JOHNSON, H.D. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature Summer season. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.68, p.979-85, 1992.
- JOHNSON, H. D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. *International Journal Biometeorology*, Lisse, v.24, n.1, p.5-78, 1980.
- LIN, J.C.; MOSS, B.R.; KOON, J.L.; FLOOD, C.A; SMITH III, R.C.; CUMMINS, K.A; COLEMAN, D.A. Comparison of various fan, sprinkler, and mister systems in reducing heat stress in dairy cows. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.14, n.2, p.177-82, 1998.
- MARTELLO, L.S. *Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações*. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.
- MCDOWELL, R.E. *Improvement of livestock production in warm climates*. San Francisco: W.H. Freeman, 1974. 711 p.
- MITLOHNER, 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*, Washington, v.79, p.2327-35, 2001.
- PERISSINOTTO M.; MATARAZZO S.V.; SILVA I.J.O.; MOURA, D.J. Variação da intermitência de acionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em *freestall* e seus reflexos nas trocas de calor sensíveis e latente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. p.52.
- ROSEMBERG, L.G.; BIAD, B.L; VERNIS, S.B. Human and animal biometeorology. In: *Microclimate - the biological environment*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Wiley-Interscience, 1983 p.425-67.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System: release 6.08. Cary, 1992. 620 p. software
- SILANIKOVE, N. Effects of scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livestock Production Science*, London, v.30, n.3, p.175-94, 1992.
- SILVA, R.G. da; LA SCALA JÚNIOR, N.; POCAI, P.L.B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.6, p.1939-47, 2001.
- STRICKLAND, J.T.; BUCKLIN, R.A.; NORDSTEDT, R.; BEEDE, D.K.; BRAY, D.R. Sprinkler and fan cooling systems for dairy cows in hot, humid climates. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.5, n.2, p.231-6, 1989.
- THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*, Washington, v.12, p.57-9, 1959.
- TURNER, L.W.; CHASTAIN, J.P.; HEMKEN, R.W.; GATES, R.S.; CRIST, W.L. Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. *Applied Engineering in Agriculture*, Louisville, v.8, n.2, p.251-6, 1992.