

## Avaliação de conforto térmico em sistema silvipastoril em ambiente tropical

L. L. G. G. da Silva<sup>1</sup>, A. S. de Resende, P. F. Dias, S. M. Souto, B. C. de Azevedo, M. de S. Vieira,  
A. A. Colombari, A. Q. A. Torres, P. M. da Matta, T. B. Perin, A. Franco

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil  
Recibido octubre 27, 2008. Aceptado agosto 25, 2010.

## Evaluation of thermal comfort in a silvipastoral system in a tropical environment

**ABSTRACT.** The use of trees in silvipastoral systems can improve quality of the microclimate and thermal comfort of animals. The object of this research was to compare differences in microclimatic conditions in three environments (under the canopy of trees of the species *Acacia holosericea*, in the space between rows of trees and in full sunlight in monoculture grass) of a silvipastoral system, at three hours of the day (9:00, 12:00, and 15:00), in two seasons of the year (dry = winter and wet = summer), in the municipality of Seropédica, RJ. The statistical design was randomized complete blocks in which environment represented the main plots and hour of day and season of year were split plots, with four replications. The nine microclimatic variables studied were: black globe temperature (bgt), dry bulb temperature (dbt), humid bulb temperature (hbt), maximum daily temperature (MaxT), minimum temperature (MinT), air velocity (av), temperature humidity index (THI), black globe humidity index (BGHI), and radiant thermal load (RTL). Results showed that the values of bgt, hbt, THI, and BGHI were lower in the dry than the wet season. BGHI was lower in the morning and afternoon than at noon, correlated with THI ( $r = 0.85$ ) and was shown to be more precise than the latter as an indicator of thermal comfort. The tree canopy reduced the heat load that the animal would feel by 26% compared with the full sunlight environment.

**Key words:** Black globe humidity index, Leguminous tree, Radiant thermal load, Shade, Temperature humidity index

**RESUMO.** O uso de árvores nos sistemas silvipastoril apresenta benefícios quanto à qualidade microclimática e proporciona maior conforto térmico aos animais. O objetivo desta pesquisa foi comparar as diferenças de parâmetros microclimáticos em três ambientes, (sob a copa das árvores da espécie *Acacia holosericea*, nas entrelinhas e a pleno sol) de um sistema silvipastoril em três períodos do dia (9, 12 e 15 h), em duas épocas do ano (seca = inverno e das águas = verão), no município de Seropédica-RJ. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em que a parcela representou cada ambiente (sob copa da árvore, entrelinhas e pasto em monocultivo) com quatro repetições em três períodos do dia e duas épocas do ano. Os nove parâmetros microclimáticos estudados foram: temperatura de globo negro (tgn), temperatura de bulbo seco (tbs), temperatura de bulbo úmido (tbu), temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín), velocidade do vento (vv), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR). Os resultados mostraram que valores de tgn, tbu, ITU e ITGU foram mais baixos na época seca. ITGU foi mais baixo, pela manhã e a tarde, e correlacionou com ITU ( $r = 0.85$ ) apresentando-se mais preciso como indicador para medir o conforto térmico. A sombra da copa das árvores mostrou que pode reduzir em 26% a carga de calor sobre o animal, comparado com o tratamento a pleno sol.

<sup>1</sup> Autor para la correspondencia, e-mail: llggalindo@yahoo.com.br

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, km 7 BR 465, Seropédica-RJ. CEP 23890-000

<sup>2</sup>Embrapa Agrobiologia, km 7 BR 465, Seropédica-RJ. CEP 23851-970

<sup>3</sup>Estação Experimental de Seropédica- PESAGRO, km 7 BR 465, Seropédica-RJ. CEP 23890-000

<sup>4</sup>Universidade do Oeste de Santa Catarina, Xanxerê-SC.

**Palavras chave:** Carga Térmica de radiação, Índice de temperatura e umidade, Índice de temperatura globo negro e umidade, Leguminosa arbórea, Sombra

## Introdução

Em regiões tropicais, que abrangem dois terços do território brasileiro, onde predominam cada vez mais as altas temperaturas do ar, conseqüência da elevada radiação solar incidente devido o aquecimento global, espécies arbóreas são necessárias para melhorar a produção, qualidade e a sustentabilidade das pastagens (Alonzo, 2000; Costa *et al.*, 2005; Lambert e Clark 2005). Nos sistemas silvipastoris, as mudanças que as árvores e suas sombras podem acarretar nas áreas sob sua influência, notadamente, são nas características químicas do solo, no conforto térmico dos animais e nas condições microclimáticas. Por outro lado, as condições microclimáticas que podem afetar diretamente o crescimento das plantas são as que concorrem para aumentar a disponibilidade de água e a mineralização de nitrogênio do solo (Durr e Rangel, 2002; Gomes *et al.*, 2005; Dias e Souto, 2006). Segundo Veetas (1992) e Ribaski (2000), as árvores modificam o microclima, reduzindo a temperatura do solo e a evaporação, como conseqüência aumentam a umidade do solo sob suas copas, facilitando o crescimento das forrageiras nestas áreas.

Como resposta ao desconforto térmico, os animais aumentam a frequência respiratória, a frequência cardíaca, a ingestão de água e reduzem a ingestão de alimentos (Nääs e Arcaro, 2001). Com a redução do consumo, há necessidade de aumento na concentração de nutrientes na dieta, contribuindo para aumentos nos custos de produção no rebanho, que quando não corrigido, podem provocar a redução na produção de leite, por exemplo (Huber, 1995) podendo até acarretar a morte dos animais (Moura, 1996). Segundo Baccari Jr. (1998), a redução do consumo a maior intensidade do estresse térmico seria devido, principalmente, à inibição, pelo calor, do centro do apetite localizado no hipotálamo, resultante da hipertermia corporal. Azevedo *et al.* (2005) avaliando os efeitos de estresse térmico em vacas  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandez-Zebu (HZ), durante dois verões e dois invernos, por meio da temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura da superfície corporal (TS), encontraram que a FR evidenciou ser indicador de estresse térmico melhor que a TR.

Atualmente as pesquisas voltadas para proteção dos animais em relação ao estresse térmico têm sido realizadas através de comparações de instalações com cobertura de sombrite e abrigos móveis com

telhas de zinco (Cunha *et al.*, 2007), com telhas de cimento-amianto, de cimento-celulose pintado de branco, de cimento-celulose em área sombreada (Kawabata *et al.*, 2005), com telhas de fibrocimento (Tinôco *et al.*, 2007), mas todas sem uma avaliação econômica, o que pode comprometer o seu uso ou ter grande participação no volume de capital imobilizado para a produção do rebanho (Sleutjes e Lizieire, 1991).

Segundo Cunha *et al.* (2007), no Brasil, uma solução proposta por alguns pesquisadores tem sido a utilização de abrigos móveis, no entanto, tem-se observado que os animais, principalmente os bezerros, passam a maior parte do tempo fora dos abrigos móveis e que, mesmo nos horários de radiação solar mais intensa ou durante fortes chuvas, pouco utilizam as instalações e permanecem na maior parte do tempo expostos a intempéries.

Por causa dos elevados níveis de radiação solar nas regiões tropicais, a simples existência de sombra de árvores pode alterar favorável e significativamente o desempenho dos animais (Sleutjes e Lizieire, 1991; Blackshaw e Blackshaw, 1994; Leme *et al.*, 2005), além outras melhorias no ambiente. Costa (1982) argumenta que não há melhor sombra que a de uma árvore, pois a vegetação transforma a energia solar pela fotossíntese, em energia química latente, reduzindo a incidência de insolação durante o dia, ao mesmo tempo em que, pelo metabolismo, libera calor durante a noite. Se a espécie arbórea utilizada pertencer à família leguminosa, pode haver aumento na fertilidade do solo (Dias *et al.*, 2006), ou ainda ser usada na alimentação dos animais, na exploração da madeira e em outras utilidades não convencionais, como na alimentação humana e na medicina popular (Souto *et al.*, 2001).

Se por um lado, as respostas ao estresse térmico mais utilizadas em relação ao animal são a temperatura corporal, a taxa e o volume respiratório, isoladamente ou em combinação (Fehr *et al.*, 1993), por outro lado, para determinação dos níveis de conforto térmico ambientais são utilizados o Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice da Carga Térmica Radiante (CTR).

O ITGU é baseado nas medidas de temperatura globo negro, de temperatura de ponto de orvalho e da temperatura ambiente (Buffington *et al.*, 1981). A CTR é a radiação total recebida por um corpo de

todo as espaço circundante a ele. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o seu meio nas circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (Bond e Kelly, 1955). O ITU pode ser descrito como uma função que leva em consideração pesos para as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e bulbo de úmido, ou a

temperatura do ponto de orvalho para a relação com o desempenho dos animais (Kelly e Bond, 1971).

O objetivo do presente trabalho foi comparar diferenças microclimáticas em três ambientes, sob a copa de árvores da espécie *Acacia holosericea*, entrelinhas e a pleno sol, em três horários durante o dia em dois períodos do ano.

## Materiales e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, estabelecida no ano 2000 e localizada em uma área da Estação Experimental de Seropédica, da PESAGRO, no município de Seropédica, RJ, nas coordenadas geográficas 22° 48' S, 43° 42' W e altitude 33m.

O solo predominante da área experimental, o Planossolo Háptico Distrófico, apresentou a seguinte composição: pH = 4.6; Ca = 1.5 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 1.3 cmolc/dm<sup>3</sup>; K = 14 mg/kg; P = 19 mg/kg.

O clima da região no sistema Köppen é classificado como Aw, apresentando verões quente-úmidos e inverno seco. O regime térmico é caracterizado como subquente (Ramos *et al.*, 1973)

As mudas da espécie *A. holosericea* (Cunn, ex Don) foram produzidas no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, onde as sementes foram inoculadas com estirpes de rizóbios segundo Faria (2001), e, também, com a mistura dos fungos micorrízicos, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* e no substrato foram utilizadas proporções de 30% de areia, 30% de argila, 30% de adubo orgânico e 10% com fosfato de rocha natural.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em que a parcela representou cada ambiente (sob copa da árvore, entrelinhas e pasto em monocultivo) com quatro repetições em três períodos do dia e duas épocas do ano. O plantio das mudas da espécie arbórea na pastagem do capim Marandu foi feito em dezembro/2001, na densidade de 100 mudas/ha na distância de 7.5 m entre duas árvores na linha e entre duas linhas, porém verificou-se, na época do estudo que a sobrevivência das mudas foi de 65% em relação ao plantio inicial.

Na adubação de plantio da leguminosa, foram aplicados 200 g de uma mistura de duas partes de cinza mais uma parte de termofosfato e cinco partes de calcário, mais 10 g de FTE BR 12 contendo 5.4% de FeO, 5.5% de MnO<sub>2</sub>, 1% de CuO, 11.5% de ZnO, 7% de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.2% de MoO<sub>3</sub>, em covas de 20 x 20 x 20 cm espaçadas.

As nove variáveis estudadas em cada amostragem foram as seguintes: temperatura de globo negro

(tgn) que representa a sensação térmica no corpo do animal, temperatura de bulbo seco (tbs), temperatura de bulbo úmido (tbu), temperatura máxima (T<sub>máx.</sub>), temperatura mínima (T<sub>mín.</sub>), velocidade do vento (vv), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR).

As amostragens das variáveis foram feitas durante quatro dias nos meses de fevereiro (época das águas ou verão) e julho (seca ou inverno) de 2007, às 9, 12 e 15 h de acordo com os horários de coleta de dados para o estado do Rio de Janeiro. O nível de sombreamento nas duas épocas (das águas ou verão e seca ou inverno) sob a copa da leguminosa foi em torno de 50%.

A temperatura máxima e mínima, sob a copa da árvore, na entrelinha e a céu aberto foi medida com o termômetro disposto a 1.5 m de altura do solo, assim como, as temperaturas de bulbo seco, úmido e de globo negro. Já a velocidade do vento foi medida utilizando-se um anemômetro portátil digital no momento das tomadas das leituras de forma direta.

Para caracterizar ou quantificar as zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais, foram utilizados três índices de conforto térmico, onde cada um demonstra-se em uma única variável a caracterização do ambiente térmico que circunda o animal, assim como, o estresse que tal ambiente possa estar causando no mesmo.

A medida desse índice representa em um único valor os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do vento, a partir do qual, podese concluir sobre o nível de conforto de um dado ambiente.

Os índices usados na análise dos dados do presente experimento foram calculados por meio das seguintes equações:

- Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1958);
- ITU = tbs + 0.36 tbu + 41.5, em que: tbs = temperatura de bulbo seco em °C; tbu = temperatura de bulbo úmido em °C;
- Índice de Temperatura de Bulbo Negro e Umidade (ITGU), proposto por Bond e Kelly (1955): ITGU =

0.7 tbu + 0.2 tgn + TA, em que: tbu= temperatura de bulbo úmido em °C; tgn = temperatura de globo negro em °C; TA = temperatura ambiente em °C.

- Carga Térmica Radiante (CTR), proposto por Esmay (1979):  $CTR = \alpha \times (TMR)^4$
- $TRM = 100 (2.51 vv) (0.5) (tgn - TA) + (tgn/100)^4 (0.25)$ , em que: TRM = temperatura média radiante;
- vv = velocidade do vento em m/s; tgn = temperatura de globo negro em °K; TA = temperatura

ambiente em °K;  $\alpha$  = constante de Stefan-Boltzman igual a  $5.67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2}K^{-4}$ ; CTR em  $W \cdot m^{-2}$ .

A TRM é a temperatura ambiente de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra para eliminar o efeito da reflexão, com o qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto a do ambiente considerado (Campos, 1986).

As análises estatísticas foram realizadas através do pacote Saeg 9.0 da Universidade de Viçosa - MG. Foram avaliadas as diferenças significativas pelo teste Scott-Knott à 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) nas interações entre os tratamentos, onde houve menor tgn, menor ITGU e menor CTR sob a copa da árvore, porém não houve influência em todas as outras variáveis nas entrelinhas e a pleno sol.

Resultado geral dos efeitos dos tratamentos para as nove variáveis é mostrado na Quadro 1.

Foram observadas diferenças significativas entre os locais de amostragens para temperatura de globo negro (tgn). As médias de tgn encontradas para as amostragens feitas à pleno sol e nas entrelinhas das árvores não diferenciaram entre si (34.8°C média dos dois locais) mas foram superiores a registrada (31.1°C) sob a copa de *A. holosericea*. A tgn na época das águas ou verão (35.0°C) foi significativamente maior que a registrada na seca ou inverno (31.4°C) demonstrando o benefício da presença de árvores para melhoria do microclima no aspecto de ambiência e conforto térmico dos animais.

A tgn fornece numa só medida, indicação dos efeitos combinados de temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento (Kelly e Bond, 1971), além de prever uma medida do calor radiante do ambiente e a leitura é expressa em graus Celsius (Baccari Jr., 1998), ou seja, expressando a sensação térmica sentida pelo corpo do animal naquelas condições.

De acordo com Mota (2001), a faixa de tgn para vacas em lactação de 7 a 26°C é considerada ótima, entre 27 e 34°C é regular e acima de 35 °C é crítica, enquanto, para Ferreira *et al.* (2006), tgn igual a 23°C indica conforto térmico e 44°C, condições de estresse calórico severo.

Os resultados do presente experimento (Quadro 1), baseados na classificação de Mota (2001), mostraram que para vacas em lactação, a época das águas proporcionou valores críticos de tgn, ao passo que, na época seca foi regular. Amostragem de tgn das 12 h foi também crítica, enquanto dos outros

Quadro 1. Efeito da época, local e período de amostragens em nove variáveis microclimáticas

| Fonte de variação | Variáveis* |       |       |       |       |      |       |       |        |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
|                   | TGN        | TBS   | TBU   | Tmáx  | Tmín  | VV   | ITU   | ITGU  | CTR    |
| Época             |            |       |       |       |       |      |       |       |        |
| águas             | 35.7A      | 28.9A | 23.6A | 31.9A | 27.1A | 1.84 | 78.9A | 85.8A | 626.3  |
| seca              | 31.4B      | 25.9B | 19.9B | 28.2B | 24.1B | 1.39 | 74.6B | 80.7B | 689.1  |
| Local             |            |       |       |       |       |      |       |       |        |
| sob a copa        | 31.1B      | 26.7  | 21.3  | 28.9  | 25.1  | 1.61 | 75.9  | 80.3B | 532.8B |
| entrelinhas       | 34.0A      | 27.5  | 22.0  | 30.2  | 25.7  | 1.61 | 76.9  | 84.3A | 679.4A |
| pleno sol         | 35.5A      | 28.2  | 22.0  | 30.9  | 26.1  | 1.63 | 77.6  | 85.0A | 670.9A |
| Período           |            |       |       |       |       |      |       |       |        |
| 9                 | 32.6       | 25.7  | 21.4  | 28.1B | 22.3B | 0.99 | 74.9  | 81.9B | 599.8  |
| 12                | 35.6       | 28.9  | 22.2  | 31.2A | 26.7A | 2.03 | 78.5  | 85.9A | 664.4  |
| 15                | 32.5       | 27.6  | 21.7  | 30.9A | 27.9A | 1.81 | 76.9  | 81.4B | 618.9  |

\*TGN= temperatura do globo negro, em °C; TBS= temperatura do bulbo seco, em OC; TBU= temperatura do bulbo úmido, em °C; VV= velocidade do vento, em m/s; Tmáx.= temperatura máxima, em °C; Tmín.= temperatura mínima, em °C; ITU= índice de temperatura e umidade, em °C; ITGU= índice de temperatura do globo e umidade; CTR= carga térmica radiante, em  $W/m^2$  Médias com mesma letra nas colunas, dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott à nível de probabilidade 5%.

horários (9 e 15 h) foi regular. Tendência de acréscimo de tgn ao longo do dia até as 12 h foi coincidente com os resultados de Kawabata *et al.* (2005).

A tgn medida sob a copa da espécie *A. holosericea* foi regular, além de ser significativamente inferior aos outros dois locais (entrelinhas e pleno sol) de amostragem, e assim, proporcionar maior conforto térmico aos animais.

Zoa-Mboe *et al.* (1989), verificaram que a tgn igual a 37°C para vacas em lactação expostas ao sol, diminuiu a produção de leite em 9.2%, comparada com vacas com acesso à sombra em que a tgn foi de 29.2°C, mesmo não se avaliando a produção de leite, mas este efeito pode ser observado na distinção de comportamento dos animais na presença de árvores e em pasto sem árvores.

Valores médios de tgn nas duas estações do ano, citados por Azevedo *et al.* (2005) foram superiores aos de Schneider *et al.* (1988) para conforto térmico (21°C) para vacas leiteiras, e aos de Beede e Mallonee (1983) para o valor crítico (29°C), valor acima deste, capaz de reduzir o consumo de alimentos e a produção de leite. Azevedo *et al.* (2005), no entanto, ressaltam que o valor crítico citado para tgn foi em geral obtido com vacas holandesas de alta produção de leite, que são mais sensíveis ao calor ambiental que os mestiços, conforme mostrado por vários autores. Assim, é de se esperar, em razão de sua maior adaptabilidade às condições tropicais, que vacas mestiças apresentem valores críticos superiores de tgn, em relação aos reportados na literatura para animais provenientes de clima temperado.

Segundo Baccari Jr. (1998), confirmado por Marcheto *et al.* (2002), temperatura de bulbo seco (tbs) de 24°C e umidade relativa de 38%, são considerados ideais para vacas leiteiras produzirem normalmente, enquanto Ferreira *et al.* (2006), registraram que tbs igual a 22°C indica conforto térmico. Considerando esses valores e comparando com os observados na Quadro 1, torna-se evidente o benefício proporcionado pela árvore que favorece ao conforto térmico dos animais no sistema silvipastoril.

O resultados do presente experimento mostraram que os valores observados para tbs foram maiores que 24°C, sendo que, a média da época das águas (28.9°C) foi significativamente maior que a da época seca (25.9°C), e também, houve tendência dos menores valores serem encontrados nas amostragens feitas às 9h (25.7°C) e sob a copa das árvores (26.7°C), quando comparados com outros horários e locais. Entretanto, nenhum valor atingiu o tbs igual a 43°C, indicado por Ferreira *et al.* (2006) como aquele que determina a condição severa de estresse calórico.

A tbs mostrou tendência de alcançar valor máximo às 12 h, estando assim em concordância com os resultados de Kawabata *et al.* (2005) e em discordância com os de Ferreira (1993), Sevegnani *et al.* (1994), Nääs *et al.* (2001), que observaram gradual elevação de temperatura durante o dia, até alcançar o seu máximo por volta das 14 h. Vale ressaltar que para o Estado do Rio de Janeiro o pico diário de temperatura ocorre ao meio dia e começa a cair após às 14 h fazendo com que os animais iniciem o pastejo logo ao amnhecer interrompendo esta atividade às 9 h e retomando após às 17 h quando as temperaturas estão mais agradáveis.

O resultados mostrados na Quadro 1 para temperatura de bulbo úmido (tbu) estão acima do indicado por Ferreira *et al.* (2006) para conforto térmico (18°C), mas não atingiram o valor (36°C) indicado pelos mesmos autores para condição de estresse calórico severo. O valor de tbu na época das águas (23.6°C) foi significativamente superior ao registrado na época seca (19.9°C), enquanto houve tendência dos menores valores serem encontrados as 9h (21.4°C) e sob a copa da espécie arbórea (26.7°C).

A temperatura máxima (Tmáx) registrada na época das águas foi significativamente superior a da época seca e menor às 9 h comparada com 12 e 15 h, que não diferenciaram entre si (Quadro 1).

Nenhum valor de Tmáx ficou abaixo do considerado por Berman *et al.* (1985) como limite crítico (26°C) em relação ao estresse para calor em vaca da raça holandesa, independente do nível de produção de leite e da aclimação prévia. Valores de Tmáx no verão e no inverno no trabalho de Azevedo *et al.* (2005), no município de Coronel Pacheco-MG também superaram o limite superior da zona de termo neutralidade, atingindo valor máximo de 31°C.

As temperaturas mínimas (Tmín) variaram da mesma forma as observadas para Tmáx (Quadro 1), com menores valores na época seca (24.1°C), às 9 h (22.3°C) e a tendência de menor média sob a copa das árvores (25.1°C).

Não foram observadas diferenças para velocidade do vento (vv), mas houve tendência da vv ser maior na época das águas, às 12 h e a pleno sol (Quadro 1). A influência de menor vv na época seca e principalmente sob a copa das árvores, pode implicar no aumento no rendimento e qualidade das pastagens, basicamente, devido a economia de água (redução da evaporação, redução da variação da temperatura entre dia e noite e manutenção da área fotossinteticamente ativa. Isso evidencia-se no presente trabalho através do aumento da produtividade de massa seca, teor de proteína e digestibilidade "in vitro" da matéria seca do capim Marandu no período

seco, onde os valores desses parâmetros do capim sob a copa de *A. holosericea* e a pleno sol foram respectivamente, 196.1 g/m<sup>2</sup>, 7.2%, 61.7% e 48.8 g/m<sup>2</sup>, 6.1%, 46.6%.

Segundo Silva (2000), o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) é válido para animais domésticos em geral e pode ser utilizado na avaliação de conforto térmico.

Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com a variação do ITU em pequeno ou brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). O ITU abaixo de 72 caracteriza um ambiente sem estresse por calor (Damasceno *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2002; Azevedo *et al.*, 2005; Perissinoto *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2006).

De acordo com Johnson (1980), a partir do valor ITU de 72, e a medida em que este índice se elevou, a produção de leite foi declinando, sendo este declínio mais acentuado nas vacas mais produtoras; as vacas de mais baixa produção (13 kg/d) foram menos afetadas com ITU 76 que as de mais alta produção, 22 kg/d.

Quando se considera grupos genéticos diferentes, com menor grau de sangue de animais provenientes de clima temperado, os valores obtidos para ITU são aumentados. Azevedo *et al.* (2005), com base na frequência respiratória, estimaram valores críticos superiores de ITU, iguais a 79, 77, e 76 para os grupos genéticos 1/2, 3/4 e 7/8 HZ, respectivamente, e também encontraram que vacas do grupo genético 1/2 HZ demonstraram maior tolerância ao calor que as de 7/8 HZ, enquanto 3/4 HZ se situaram em posição intermediária.

Foram observadas diferenças significativas no ITU entre as épocas (Quadro 1), na época das águas (78.9) foi maior que na seca (74.6). O ITU foi menor na amostragem das 9h (74.9) e sob a copa da espécie arbórea (75.9).

Valores obtidos para ITU no presente experimento foram caracterizados como ameno para o calor, de acordo com a classificação de Armstrong (1994), no entanto, pela classificação de Azevedo *et al.* (2005), eles estão dentro da faixa que mostra um ambiente com conforto térmico, uma vez que, os animais da região são mestiços, provenientes do cruzamento de raças européias com indianas, com destaque para as primeiras na produção de leite e menor resistência ao estresse calórico e o inverso para raças indianas. Por isso, o rebanho mestiço representa 95% da população de gado leiteiro no Brasil (Martinez e Verneque, 2001), sendo responsável pela maior produção de leite (Freitas *et al.*, 1995). Por serem mais adaptadas ao ambiente tropical (Madalena, 1981), as vacas mestiças podem ser

muito produtivas se selecionadas e manejadas adequadamente.

Kawabata *et al.* (2005) mostraram que a frequência respiratória (FR) de bezerros da raça holandesa apresentaram correlação ( $r = 0.87$ ) com o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e que a menor FR (54 mov./min.) foi encontrada com ITGU igual a 74.5.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos sob a copa da *A. holosericea*, nas entrelinhas e a pleno sol para ITGU (Quadro 1). Menores valores para ITGU foram encontrados na época seca (80.7), às 9 e 15 h (média igual a 81.6) e sob a copa das árvores (80.3). Resultados encontrados para ITGU estão um pouco acima da faixa (74-78) estabelecida por Baêta (1985) como «valor de alerta», acima do que as vacas da raça holandesa estariam com problemas relacionados ao estresse calórico.

O aumento de ITGU ao longo do dia até as 12 h, no presente experimento foi coincidente com resultados de Kawabata *et al.* (2005), onde estatisticamente não se observaram diferenças no ITGU entre 12 e 15 h nos dois melhores tratamentos, abrigos para os animais, com cobertura de cimento-celulose na sombra e cimento-celulose no sol.

Foram observadas correlações positivas do ITGU com tgn ( $r = 0.97$ ;  $P < 0.0001$ ), tbs ( $r = 0.84$ ;  $P < 0.0001$ ), tbu ( $r = 0.79$ ;  $P < 0.0001$ ) e ITU ( $r = 0.85$ ;  $P < 0.0001$ ), indicando que independente dos tratamentos, houve uma dependência entre os dois índices, e comparativamente, o ITGU representou melhor o índice de conforto térmico quando comparado com ITU, por apresentar estatística F superior ( $F_{ITGU} = 1.850$ ;  $F_{ITU} = 1.213$ ). Buffington *et al.* (1981) afirmaram que o ITGU seria um indicador mais preciso do conforto térmico e da produção animal, quando comparado ao ITU, em condições ambientais onde a radiação solar ou a movimentação do ar sejam altas, apresentando correlação mais alta com a produção de leite, quando comparado com ITU (Baccari Jr., 1998), sendo que, sob condições moderadas de radiação solar, são igualmente eficientes, e quando, se compararam medições em locais com e sem cobertura, os ITUs não apresentaram diferenças significativas, enquanto o ITGU apresentou diferenças, principalmente para locais sem cobertura.

A carga térmica radiante (CTR) foi afetada significativamente pelo local de amostragem, mostrando que sob a copa das árvores foi obtido o menor valor (532.9 W/m<sup>2</sup>), quando comparado com os valores observados na entrelinha e a pleno sol.

Silva *et al.* (1990) registraram que o mais importante nas instalações é diminuir o balanço de energia entre o animal e o meio, até um limite de

otimização, sendo a CTR um dos principais componentes do balanço energético de um animal e sua avaliação é fundamental no estudo da definição do meio ambiente. Baccari Jr. (2001), mostrou que o sombreamento reduziu de 30 a 50% a carga de calor sobre os animais, enquanto Turco (1993), mostrou que a redução da CTR pela cobertura das instalações pode ser superior a 50%.

No presente experimento, o sombreamento das árvores proporcionou uma redução de 26% na carga de calor sobre os animais em relação ao tratamento a pleno sol. Sampaio *et al.* (2004) mostraram redução

da CTR, em função da instalação, de até 35% quando comparado com a área não sombreada.

O aumento de CTR ao longo do dia até as 12 h foi coincidente com resultados de Kawabata *et al.* (2005), onde estatisticamente não se observaram diferenças no CTR entre 12 e 15 h nos dois melhores tratamentos, abrigos com cobertura de cimento-celulose na sombra e cimento-celulose no sol.

Foi registrada correlação entre CTR e ITGU ( $r = 0.54$ ;  $P < 0.0106$ ) e nenhuma correlação com ITU, no entanto, o ITGU correlacionou-se melhor com ITU ( $r = 0.85$ ;  $P < 0.0001$ ).

## Conclusão

O sistema silvipastoril constitui um eficiente espaço para criação de animais mestiços para produção de leite, fornecendo um ambiente de conforto térmico, sendo ainda mais importante quando se considera cruzamento com predominância de sangue europeu.

Assim, as temperaturas e índices de conforto foram menores na época seca, mesmo essas variáveis sendo elevadas na época das águas (verão), a presença de árvores ameniza o desconforto térmico aos animais.

## Agradecimentos

A Embrapa Agrobiologia e a PESAGRO-Rio pelo suporte experimental. Ao curso de pós-graduação em Agronomia da UFRRJ, pelo conhecimento

para preparação desse artigo. Este artigo é dedicado ao Pesquisador da PESAGRO, Dr. Paulo Francisco Dias.

## Literatura Citada

- Alonzo, Y. M. 2000. Potencial of silvopastoral systems for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. Tesis (M.Sc.). Universidad de Costa Rica, Turrialba. 81 p.
- Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
- Azevedo, M., M. F. A. Pires, H. M. Saturnino, A. M. Q. Lana, I. B. M. Sampaio, J. B. N. Monteiro, e L. E. Morato. 2005. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em lactação. *Rev. Bras. Zoot.* 34 (6): 1-12.
- Baccari Jr., F. 1998. Adaptação de sistema de manejo na produção de leite em clima quente. In: Silva I. J. O. *Ambiênciana produção de leite*. Piracicaba: FEALQ, p. 24-65.
- Baccari Jr., F. 2001. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes: Universidade Estadual de Londrina. 142 p.
- Baêta, F. C. 1985. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. Thesis (PhD). University of Missouri. Columbia, MO. 218 p.
- Beede, D. K., P. G. Mallonee, P. L. 1983. Potassium nutrition of heat stressed lactating cows; *S. Afr. J. Anim. Sci.* 13 (3): 198-200.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yield dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68 (6):1489-2432.
- Blackshaw, J. K. and A. W. Blackshaw. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review; *Austr. J. Exp. Agric.* 34: 285-295.
- Bond, T. E., C. F. Kelly. 1955. The globe thermometer in agriculture research. *Agric. Eng.* 36 (2): 251-260.
- Buffington, D. E., A. Collazo-Arocho, G. H. Canton, D. Pitt, W. W. Thatcher, and R. J. Collier. 1981. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. *Am. Soc. Agric. Eng.* 24 (3): 711-714.
- Campos, A. T. 1986. Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa-MG. Dissertação (Mestrado).

- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG 66 p.
- Costa, E. C. 1982. Arquitetura ecológica, condicionamento térmico natural. Edgar Blücher, São Paulo. 264 p.
- Costa, N. L., J. A. Magalhães, C. R. Townsed, e R. G. E. A. Pereira. 2005. Produtividade de leguminosas forrageiras sob sombreamento de eucalipto. Disponível em [http://www.boletim\\_pecuario.com.br](http://www.boletim_pecuario.com.br). Acesso em: nov. 2005.
- Cunha, D. N. F. V., O.F. Campos, J. C. M. F. A. Pires, R. F. M. Oliveira, e J. A. Marti. 2007. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de mantidos em diferentes instalações: época seca. Rev. Bras. Zoot. 36 (4): 1-10.
- Damasceno, J. C., F. Baccari Jr., e L. A. Targa. 1998. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. Rev. Bras. Zoot. 27 (3):595-602.
- Dias, P. F., S. M. Souto. 2006. Análise de fatores aplicada na avaliação da influência de leguminosas arbóreas, nas características químicas de solo sob pastagem. Rev. Univ. Rural. 26 91: 24-32.
- Dias, P. F., S. M. Souto, A. S. Resende, J. F. Moreira, J. C. Polidoro, E. F. C. Campello, e A. A. Franco. 2006. Influência da projeção da copa de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. Pasturas Tropicales. 20(2): 8-17.
- Durr, P. A. e J. Rangel. 2002. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. Agroforestry. 54: 99-122.
- Esmay, M. L. 1979. Principles of animal environment. Avi Publishing, West Port, CT. 325 p.
- Faria, S. M. 2001. Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio para espécies florestais: aproximação 2001. Embrapa Agrobiologia, (Documentos, 134). Seropédica, 21 p.
- Fehr, R. L., K. T. Priddy, G. McNeill, and D. G. Overhults. 1993. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. Transactions of the ASAE. 26 (4): 542-545.
- Ferreira, F., M. F. A. Pires, M. L. Martinez, S. G. Coelho, A. U. Carvalho, P. M. Ferreira, E. J. Facury Filho, e W. E. Campos. 2006. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot. 58(5):1-9.
- Ferreira, R. 1993. Comparação de vários materiais de cobertura através dos índices de conforto térmico; Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia de Ituverava Doutor Francisco Maeda, Ituverava. 49 p.
- Freitas, A. F., A. Lemos, and C. Wilcox. 1995. Crossbreeding zebu and european cattle in Brazil. Proc. Intl. Conf. on Livestock in the Tropics, University of Florida, Gainesville. p. 124-130.
- Gómes, H. T., L. R. Avilés, J. K. Vera, J. E. Bencomo, and P. A. V. Madrazo. 2005. Forage yield and soil moisture content in *Panicum maximum cv. Tanzânia* monoculture and in mixture *Leucaena leucocephala* with different densities in Mexico. Proc. XX Intl. Grassland and Pasture Conf. Dublin. IGP, p. 676.
- Huber, H. 1995. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar o conforto e a produção. 2º Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro. Anais... CBGL, Piracicaba p. 41-68.
- Johnson, H. 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climate change. Intl. J. Biometereol. 24: 65-78.
- Kanninen, M. 2001. Sistemas silvipastoriles y almacenamiento de carbono: potencial para América Latina. Disponível em: <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/articulo.htm>. Acesso em nov./2005.
- Kawabata, C. Y., R. C. Castro, e H. Savastano Junior. 2005. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. Engen. Agríc. 25(3): 598-607.
- Kelly, C. F. and T. E. Bond. 1971. Bioclimatic factors and their measurement. In: National Academy of Sciences. A guide to environmental research on animals. Washington, DC. IAS, 76 p.
- Lambert, M. G. and H. Clark. 2005. A system approach to managing greenhouse gases on New Zealand sheep and beef farms. Proc. 20th Intl. Grassland Cong. Dublin. IGC. 975 p.
- Leme, T. M. S. P., M. F. A. Pires, R. S. Verneque, M. J. Alvim, e L. J. M. Aroeira. 2005. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* sistema silvipastoril. Ciência Agrotecnológica. 29 (3):668-675.
- Madalena, F. E. 1981. Crossbreeding strategies for dairy cattle in Brazil. World Anim. Rev. 38: 23-30.
- Marcheto, F. G., I. A. Naas, D. D. Salgado, e S. R. L. Souza. 2002. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globonegro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 39(6).
- Martinez, M. L. e R. S. Verneque. 2001. Programa nacional de melhoramento genético. Balde Branco. (439): 1-3.

- Mota, F. S. 2001. Climatologia zootécnica Edição do autor. Pelotas 104 p.
- Moura, J. C. 1996. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro. Piracicaba: FEALQ, 270 p.
- Nääs, I. A. e I. Arcaro Jr. 2001. Influência da ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. Rev. Bras. Engen. Agríc. Amb. 5 (1): 1-7
- Nääs, I. A., K. B. Sevegnani, F. G. Marcheto, J. C. C. Espelho, V. Menegassi, e I. J. O. Silva. 2001. Avaliação térmica detalhada de composição de celulose e betume, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. Engen. Agríc. 21 (2): 121-126
- Perissinoto, M., D. J. Moura, I. J. O. Silva, e S. V. Matarazzo. 2005. Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras. Rev. Bras. Engen. Agríc. Amb. 9 (2): 1-10.
- Ramos, D. P., A. F. Castro, e N. M. Camargo. 1973. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pesq. Agropec. Bras. 8: 1-27.
- Ribaski, J. 2000. Influence of algaroba (*Prosopis juliflora*) on the availability and quality forage of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in the semi-arid region of Brazil. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 165p.
- Sampaio, C. A., J. Cristani, J. A. Dubiela, C. E. Boffi, e M. A. Oliveira. 2004. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando índices de conforto térmico para condições tropicais. Ciência Rural. 34 (3): 785-790.
- Schneider, P. L., D. K. Beede, C. J. Wilcox. 1988. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. J. Anim. Sci. 66: 112-125.
- Sevegnani, K. B., H. Ghelfi Filho, I. J. O. Silva. 1994. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. Ciência Agrícola. 51 (1): 1-7.
- Silva, I. J. O., H. Pandorth, A. Acararo Jr. 2002. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. Rev. Bras. Zoot. 31(5) 2036-2042.
- Silva, I. J. O., K. Ghelfi Filho, F. R. Consiglero. 1990. Materiais de cobertura para instalações animais; Engenharia Rural. 1(1): 51-60.
- Silva, R. G. 2000. Introdução à bioclimatologia animal. Nobel. São Paulo, 286 p.
- Sleutjes, M. A., R. S. Lizieire. 1991. Conforto térmico do gado leiteiro. 1º Seminário Internacional de Construções Rurais, Anais Campinas: UNICAMP, 10 p.
- Souto, S. M., A. A. Franco, E. F. C. Campello, I. M. Silva, J. C. Vilella, M. M. T. Rosa, e M. M. T. Conde. 2001. Utilidade das árvores identificadas em pastagens das regiões norte, noroeste e serrana do Estado do Rio de Janeiro. CNPAB. (CNPBS. Documentos, 131). Seropédica, 23 p.
- Thom, E. C. 1958. Cooling degrees: day air conditioning, heating and ventilating. Trans. Amer. Soc. Heating. 55(7): 65-72
- Tinoco, I. F. F., C. F. Souza, P. A. V. Oliveira, R. M. Paulo, J. A. Campos, C. C. S. Carvalho, e M. B. Cordeiro. 2007. Avaliação do índice de temperatura de globo negro e umidade e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação criados em sistemas de camas sobrepostas em condições de verão. Rev. Bras. Zoot. 36 (5): 1-5.
- Turco, S. H. N. 1993. Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos; Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 58p
- Veetas, R. O. 1992. Microsite effects of trees and shrubs in dry savannas. J. Veget. Sci. 3: 337-344.
- Zoa-Mboe, A., H. H. Head, K. C. Bachman, F. Baccari Jr., and C. J. Wilcox. 1989. Effects of bovine cows somatotropin on milk yield composition, dry matter intake, and some physiological functions of Holstein cows during heat stress. J. Dairy Sci. 72: 907-916.