

## Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras $1/2$ , $3/4$ e $7/8$ Holandês-Zebu em Lactação<sup>1</sup>

Marcílio de Azevedo<sup>2</sup>, Maria de Fátima Ávila Pires<sup>3</sup>, Helton Mattana Saturnino<sup>4</sup>, Ângela Maria Quintão Lana<sup>4</sup>, Ivan Barbosa Machado Sampaio<sup>4</sup>, João Bosco Neves Monteiro<sup>5</sup>, Leandro Esteves Morato<sup>6</sup>

**RESUMO** - A temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura da superfície corporal (TS) foram avaliadas em vacas  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$  Holandês-Zebu (HZ) durante dois verões e dois invernos nos períodos da manhã e da tarde no Município de Coronel Pacheco – MG, Brasil. O objetivo nesta pesquisa foi estimar níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade (ITU) para os grupos genéticos pesquisados. As medidas para análise de correlação e de regressão múltipla entre as variáveis foram obtidas de um grupo de 15 vacas em lactação por estação estudada, sendo cinco de cada um dos grupos genéticos  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$  HZ. Os resultados obtidos na análise de correlação evidenciaram que a frequência respiratória (FR) é um indicador de estresse térmico melhor que a temperatura retal (TR). Com base na TR, foram estimados valores críticos superiores de ITU iguais a 80, 77 e 75 para os grupos genéticos  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$  HZ, respectivamente. Considerando-se a FR, os valores críticos superiores de ITU estimados para os referidos grupos genéticos foram 79, 77 e 76, respectivamente. Com base na TS, estimou-se valor crítico superior de ITU igual a 79 para os três grupos genéticos estudados. Vacas do grupo genético  $1/2$  HZ demonstraram maior tolerância ao calor que as  $7/8$  HZ, enquanto as  $3/4$  HZ se situaram em posição intermediária.

Palavras-chave: bovinos, fisiologia, índice de conforto

## Estimation of Upper Critical Levels of the Temperature-Humidity Index for $1/2$ , $3/4$ e $7/8$ Lactating Holstein-Zebu Dairy Cows

**ABSTRACT** - The objective of this trial was to estimate the upper critical levels of the temperature-humidity index (TUI) measuring morning and afternoon rectal temperature (RT), respiratory rate (RF), and hair coat surface temperature (ST) of  $1/2$ ,  $3/4$  and  $7/8$  Holstein-Zebu (HZ) dairy cows during two consecutive years (two summers and two winters) in Coronel Pacheco, MG, Brazil. Correlation and multiple analysis were determined using data obtained from 15 dairy crossbreed cows/season; five from each genetic group (GG). Results showed that RF was more reliable than RT as an indicator of heat stress based on both correlation and regression analysis. Estimated upper critical values of the TUI were 80, 77, and 75 using RT and 79, 77, and 76 using RF for  $1/2$  HZ,  $3/4$  HZ, and  $7/8$  HZ dairy cows, respectively. When ST was used the estimated upper critical values of the TUI were very similar among the three GG averaging 79. The  $1/2$  HZ dairy cows were more heat tolerant than those in the  $7/8$  HZ GG while the  $3/4$  HZ were intermediate.

Key Words: cattle, physiology, confort index

### Introdução

Aproximadamente dois terços do território brasileiro estão situados na faixa tropical do planeta, onde predominam temperaturas elevadas, como consequência da grande intensidade da radiação solar incidente. Em torno de 64% dos bovinos no mundo são criados nessa região. Não obstante, a produtividade é menor que aquela das regiões temperadas, ocorrendo lentas taxas de crescimento e baixa produção de leite (Baccari Jr., 1990). Entre as causas desse menor rendimento produtivo, inclui-se o baixo valor nutritivo das pastagens, as doenças e parasitas e o estresse por calor (Tizikara, 1985).

Esse tipo de estresse provoca redução na produção de leite e na eficiência reprodutiva dos bovinos.

Na zona de termoneutralidade, a homeotermia é mantida pelos processos de produção e perda de calor, como radiação, convecção, condução e evaporação. A zona termoneutra para bovinos leiteiros situa-se entre 5 e 25°C (Yousef, 1985; Roenfeldt, 1998) e depende da idade, da espécie, da raça, do consumo alimentar, da aclimatização, do nível de produção, do isolamento externo (pelame) do animal, entre outros. Ela é limitada pelas temperaturas críticas superior e inferior e seu limite superior varia entre 24 e 27°C (Fuquay, 1981). Quando a temperatura

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado apresentada pelo 1º autor à Universidade Federal de Minas Gerais.

<sup>2</sup> Professor da UFRPE – Dep. De Zootecnia – Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N - Dois Irmãos, Recife-PE. E-mail: marc-azevedo@ig.com.br

<sup>3</sup> Professores da Escola de Veterinária da UFMG.

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Gado de Leite. E-mail: fatinha@cnppl.embrapa.br

<sup>5</sup> Assistente de Pesquisa da Embrapa Gado de Leite.

<sup>6</sup> Estudante de Ciências Biológicas da UNIPAC.

ambiente ultrapassa esse limite, ocorre redução gradativa na eficiência dos processos de perda de calor e o animal entra em estresse térmico, que é o somatório de forças externas que atuam no animal homeotérmico, a fim de deslocar sua temperatura corporal do estado de repouso (Hansen & Arechiga, 1999). Em resposta ao estresse por calor, ocorre redução no consumo de alimentos e na produção de leite e aumento na temperatura corporal e na frequência respiratória dos animais (West, 2002). Alterações na temperatura retal e frequência respiratória são os dois parâmetros fisiológicos mais utilizados como medida de conforto animal e adaptabilidade a ambientes adversos (Hemsworth et al., 1995), enquanto os índices de temperatura e de umidade do ar têm sido adotados para avaliar o impacto ambiental sobre os bovinos, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade dos animais em dissipar calor (West, 1999). Geralmente, os dois parâmetros ambientais considerados na obtenção desse índice são a temperatura e a umidade relativa do ar.

Armstrong (1994) sugeriu um índice de conforto térmico desenvolvido por Kelly & Bond (1971), em que se utiliza a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, dados disponíveis nas estações climatológicas. Sua expressão é:  $ITU = TBs - 0,55(1 - RH)$  ( $TBs - 58$ ), em que ITU é o Índice de Temperatura e Umidade (adimensional);  $TBs$ , a temperatura do ar (graus Fahrenheit); e  $RH$ , a umidade relativa do ar expressa em valores decimais. Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com a variação de ITU em ameno ou brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). ITU abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse por calor. Baccari Jr. et al. (1995) observaram frequência respiratória média, em vacas holandesas, de 68 movimentos por minuto, com ITU igual a 79.

Aguiar et al. (1996) constataram que um ITU brando (72,3 a 74,4) reduziu a produção de leite de vacas Holandesas entre 3,6 e 4,5% e que as variáveis fisiológicas foram mais elevadas à tarde, mas apenas a frequência respiratória (FR) relacionou-se significativamente com as condições ambientais. Houve correlação positiva, à tarde, entre a frequência respiratória e o índice de temperatura e umidade.

Nem sempre as tentativas de introdução de bovinos leiteiros provenientes de regiões temperadas nas regiões tropicais e subtropicais são satisfatórias, observando-se, na maioria das vezes, perdas nas características produtivas dos animais, cujas causas são

fatores como clima, alimentação, doenças, parasitas, entre outros (Barnabé, 1975; Johnson, 1987).

Uma das estratégias recomendadas por Beede & Collier (1986) para minimizar o problema do estresse por calor em vacas leiteiras é o desenvolvimento genético de animais menos sensíveis ao calor ambiental. Nesse sentido, o cruzamento de bovinos indianos com raças leiteiras européias tem sido largamente utilizado para aumentar o potencial dos animais para produção de leite nos trópicos (Syrstad, 1996), sendo essa também a opção mais econômica (McDowell, 1996). Comparados aos bovinos europeus, os indianos são mais resistentes ao estresse calórico e a outros estressores ambientais que limitam a expressão das características produtivas nas áreas tropicais e subtropicais (Bó et al., 2003). A maior resistência da raça Zebu ao calor deve-se à sua baixa produção de leite, à taxa metabólica basal e à maior capacidade de sudorese (Blackshaw & Blackshaw, 1994). As raças européias são mais produtivas apenas em ambientes favoráveis. Assim, ao longo de décadas, os criadores brasileiros têm procurado combinar as características desejáveis das raças européias e zebuínas por meio da produção de animais mestiços, geralmente utilizando-se as raças Holandesa e Gir. O rebanho mestiço representa 95% da população de gado leiteiro no Brasil (Martinez & 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, conforme demonstrado em trabalhos da Embrapa Gado de Leite, nos quais foram obtidas médias de 13,4 a 14,6 kg de leite/dia em pastejo rotacionado de capim-elefante (Matos, 2001). Por sua vez, a maior produção de leite, associada ao maior consumo de alimentos, implica em aumento na produção de calor metabólico e em dificuldade na manutenção do equilíbrio térmico dos animais em condições de calor. Portanto, espera-se que vacas mestiças de alta produção possam manifestar sintomas decorrentes de estresse calórico.

O valor do índice de temperatura e umidade a partir do qual vacas Holandesas iniciam o declínio na produção de leite é igual a 72 (Damasceno et al., 1998; Silva et al., 2002). Entretanto, nas literatura nacional e estrangeira, há poucas informações a respeito dos níveis críticos desse índice para vacas mestiças. Níveis críticos de índice de temperatura e umidade poderiam fornecer subsídios aos criadores para a adoção de técnicas de manejo que minimizassem os problemas decorrentes do estresse térmico em seus rebanhos.

O objetivo neste trabalho foi estimar valores críticos do índice de temperatura e umidade (ITU) para vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu ( $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$ HZ) com produção média de leite superior a 10 L/dia considerando-se as alterações da temperatura retal e da frequência respiratória.

### Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no campo experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco – MG, localizado a 21° 33' 23" de latitude Sul, 43° 6' 15" de longitude Oeste e 430 m de altitude. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Cwa (mesotérmico), alternando entre períodos seco (maio a outubro) e chuvoso (novembro a abril), com temperaturas médias de 22°C no verão e 16,8°C no inverno. A precipitação média na região é de 1.535 mm/ano.

O experimento teve 24 meses de duração, com início em julho de 2001 e término em março de 2003, compreendendo quatro fases experimentais, a saber: inverno 2001 (julho a setembro de 2001), verão 2001 (janeiro a março de 2002), inverno 2002 (julho a setembro de 2002) e verão 2003 (janeiro a março de 2003).

Foram utilizadas as instalações e os animais do "Sistema de Produção de Leite com Gado Mestiço a Pasto", da Embrapa Gado de Leite.

No sistema de produção de leite, as vacas foram submetidas a pastejo rotacionado em 11 piquetes de capim-elefante, com três dias de pastejo e 30 dias de descanso. Cada piquete possui área de 1,2 hectare (ha), mantendo lotação de 3,5 a 4,0 unidades animal/ha, dependendo da época do ano. Os piquetes eram providos de sombreamento natural e de bebedouros.

O grupo de animais em cada fase experimental, tanto no verão quanto no inverno, foi constituído de cinco vacas de cada um dos grupos genéticos  $1/2$ ,  $3/4$  e  $7/8$ Holandês-Zebu (HZ) com produção igual ou superior a 10 kg de leite/dia, escolhidas em um rebanho de 75 vacas.

No verão, os animais eram recolhidos de manhã, ordenhados e, em seguida, retornavam ao pasto. À tarde, eram novamente recolhidos, recebiam suplementação antes e depois da ordenha, de acordo com a produção de leite, e retornavam ao pasto. As vacas eram ordenhadas mecanicamente, duas vezes ao dia, às 5 h30 e às 13 h30, e retornavam aos piquetes após a alimentação suplementar.

No inverno, os animais eram recolhidos para a ordenha da manhã e permaneciam em um curral de alimentação de piso concretado, com água à disposição e uma pequena área de sombra (19,2 m<sup>2</sup>), proporcionada apenas pela cobertura do cocho, e recebiam volumoso à vontade (silagem de milho para vacas com produção acima de 14 kg de leite/dia e cana e uréia para aquelas com produção abaixo de 14 kg de leite/dia). Também foi fornecido concentrado de acordo com a produção de leite. O pastejo, portanto, foi realizado apenas à noite.

O sal mineral foi fornecido à vontade somente no curral de alimentação nas duas estações do ano.

Tanto no verão quanto no inverno, as vacas com produção de 10 a 14 L, 14 a 18 L e maior que 18 L de leite receberam 1,0; 3,0 e 4,0 kg de concentrado/dia, respectivamente. As atividades relacionadas ao manejo reprodutivo e ao controle sanitário do rebanho compreenderam exames ginecológicos periódicos, vacinações contra aftosa, leptospirose e raiva, banhos carrapaticidas e controle de mamite e berne.

Os parâmetros fisiológicos, como temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov/min.) e temperatura de superfície corporal (TS, °C), foram avaliados às 8 h e 14 h, após as respectivas ordenhas da manhã e da tarde em três dias alternados de cada semana (2ª, 4ª e 6ª feiras), durante os dois anos experimentais. A TR foi obtida com um termômetro clínico digital, em um brete a céu aberto. Os animais foram conduzidos do curral de alimentação para o brete, no qual a entrada ocorreu ao acaso. Após essa medida, os animais foram soltos no curral de manejo, para obtenção da FR e TS.

A FR foi medida contando-se o número de movimentos respiratórios no flanco dos animais por um período de 30 segundos, multiplicando-se os valores encontrados por dois para se obter o número de movimentos respiratórios/minuto.

A temperatura de superfície corporal (temperatura da superfície do pelame) foi medida por meio de um termômetro infravermelho digital, portátil, marca Raytek, modelo ST 60, com mira a laser circular, precisão de 1% e resolução ótica de 30:1

As medidas foram tomadas a aproximadamente 1,5 m do animal nas áreas claras e escuras da parte dianteira e traseira (animais malhados de preto e branco) e nas partes dianteira e traseira dos animais de pelame com coloração uniforme. As médias das temperaturas de superfície corporal das partes claras

e escuras, para cada animal em cada período do dia, foram utilizadas nas análises estatísticas.

Em um abrigo termométrico próximo à área experimental, foram instalados um psicrômetro, para medida das temperaturas dos bulbos seco (TBs) e úmido (TBu), um termômetro de extrema, para obtenção de temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) do dia e um termoigrógrafo. Ao lado do abrigo e a 1,70 m do solo, foi instalado um globotermômetro de cobre com 15 cm de diâmetro, dotado de um termômetro com precisão de 1°C, para medidas de temperatura do globo negro (TGN).

A umidade relativa do ar (UR) foi obtida em tabelas meteorológicas, com base nos registros das temperaturas dos bulbos seco e úmido.

Os valores de precipitação pluvial (PRECIP) e de insolação (INSOL) foram obtidos no posto meteorológico da Embrapa Gado de Leite, localizado à aproximadamente 2,5 km do local do experimento.

A coleta dos dados climáticos foi realizada a cada hora, das 8 às 16 h, no mesmo dia das avaliações dos parâmetros fisiológicos.

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado para cada hora de registro dos dados, utilizando-se a seguinte fórmula, citada por Kelly & Bond (1971):

$$ITU = TBs - 0,55 (1 - Ur) (TBs - 58)$$

em que ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional; TBs = temperatura do bulbo seco em graus Fahrenheit; UR = umidade relativa do ar expressa em valor decimal.

As médias de ITU das 8 às 10 h e das 14 às 16 h, para cada dia e período do dia, foram utilizadas nas análises estatísticas de TR, FR e TS.

A análise de regressão linear múltipla foi realizada utilizando-se as variáveis fisiológicas e climáticas, considerando-se as duas estações do ano e os dois períodos do dia na referida análise. Efetuou-se a seleção das variáveis pelo procedimento de regressão "Stepwise", adotando-se a correlação de Pearson para as características qualitativas e a de Spearman, para as características quantitativas (período do dia).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o SAEG versão 8.0, 2000.

## Resultados e Discussão

Constam na Tabela 1 os valores médios de temperatura do bulbo seco (TBs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura e umidade (ITU), temperatura do globo negro (TGN), insolação (INSOL) e precipitação pluvial (PRECIP) no inverno e no verão, nos períodos da manhã e da tarde, com suas respectivas amplitudes.

No verão, as médias da temperatura máxima e da temperatura no período da tarde foram superiores à temperatura de 26°C, considerada limite crítico por Berman et al. (1985) em relação à ocorrência de estresse por calor em vacas da raça holandesa, independentemente do nível de produção de leite e da aclimatização prévia. A temperatura média do verão manteve-se fora da zona de termoneutralidade (5 a 25°C) para vacas leiteiras reportada por Yousef (1985) e Roenfeldt (1998). No inverno, a média da temperatura máxima (25,9°C) ficou acima do limite superior da zona termoneutra, atingindo valor máximo de 31,0°C. O valor de ITU na estação de inverno permaneceu abaixo do valor crítico de 72 para a produção de leite nos dois períodos do dia, mas, à tarde, constatou-se valor médio máximo de 76. No verão, os valores médios observados foram de 72,8 e 77,5 para os dois períodos, respectivamente, caracterizando estresse ameno por calor, de acordo com a classificação de Armstrong (1994).

Os valores médios de TGN nas duas estações do ano foram bem superiores ao citado por Schneider et al. (1988) como TGN de conforto para vacas leiteiras (21°C) e ao valor crítico (29°C) reportado por Beede et al. (1983) como capaz de reduzir o consumo de alimentos e a produção de leite. Vale ressaltar que os valores críticos de temperatura do ar, ITU e TGN citados acima foram, em geral, obtidos com vacas holandesas de alta produção de leite, que são mais sensíveis ao calor ambiental que as mestiças, conforme demonstrado por vários autores. Assim, é de se esperar que, em razão de sua maior adaptabilidade às condições tropicais, vacas mestiças apresentem valores críticos superiores de temperatura do ar, ITU e TGN, em relação aos reportados na literatura para animais provenientes de climas temperados.

Como esperado, constataram-se (Tabela 2) correlações positivas ( $P < 0,01$ ) da TR, FR e TS com PD, em

virtude das diferenças nos parâmetros climáticos entre os períodos (Tabela 1). Correlações positivas ( $P < 0,01$ ) foram também observadas entre GG e TR e entre GG e FR, sugerindo maiores valores nessas variáveis fisiológicas com o aumento dos genes de Holandês no grupo genético. As temperaturas retal, de superfície corporal e a frequência respiratória se correlacionaram positivamente com ITU ( $P < 0,01$ ), indicando uma associação do aumento no índice de conforto térmico com elevações naqueles parâmetros fisiológicos. A correlação entre TR e o ITU neste estudo foi de  $r = 0,536$  ( $P < 0,01$ ). O valor do coeficiente de correlação entre a FR com o ITU ( $r = 0,736$ ) foi maior que aquele obtido na correlação entre a TR e a TS com o ITU. Esses resultados evidenciam ser a FR um indicador de estresse térmico melhor que a TR e a TS. Apesar de alguns autores (Blackshaw & Blackshaw, 1994) considerarem a TR como indicador melhor que a FR, por ser uma característica mais estável, Lemerle & Goddard (1986) concluíram ser a FR um bom indicador de adaptabilidade.

O coeficiente de correlação entre a TR e a FR ( $r = 0,658$ ) também foi significativo, o que está em

conformidade com os resultados obtidos por Lemerle & Goddard (1986). Como o bovino utiliza-se da perda de calor pelo trato respiratório, visando evitar aumentos na temperatura corporal, esperava-se alta correlação entre a temperatura corporal e a FR, como de fato aconteceu.

A TR e a FR apresentaram correlação positiva ( $P < 0,01$ ) com a TS corporal, indicando uma associação entre o aumento da TS e as elevações da TR e FR. Isso sugere que os animais absorveram calor ambiental e que a conseqüente elevação na temperatura da pele ativaria o mecanismo homeostático, causando aumentos na FR. O valor do coeficiente de correlação da TS com a FR foi mais elevado que aquele da correlação com a TR.

A partir da análise de regressão múltipla, visando avaliar os efeitos do ITU na TR dos animais, obteve-se o modelo que melhor explicou as variações neste parâmetro fisiológico. As variáveis que mais influenciaram o modelo foram o ITU, o GG e a interação ITU\*GG. O valor de  $R^2$  foi de 43,2 ( $p < 0,01$ ). O gráfico do modelo ( $TR = 60,2769 - 0,634222*ITU +$

Tabela 1 - Média e amplitude da temperatura de bulbo seco (TBs, °C), umidade relativa do ar (UR, %), índice de temperatura e umidade (ITU), temperatura de globo negro (TGN, °C), insolação (horas de sol/dia) e precipitação pluvial (mm/dia), nos períodos da manhã e da tarde, do inverno e verão, durante o período experimental

Table 1 - Average and range of dry bulb temperature (TBs, °C), air humidity (UR, %), temperature-humidity index (ITU), black globe temperature (TGN, °C), insolation (INSOL, hours/day) and rainfall (mm/dia) in morning and afternoon periods of winter and summer

		Estação do ano Season of the year				
		Inverno Winter		Verão Summer		Média/Período Average/Period
		Média Average	Amplitude Range	Média Average	Amplitude Range	
TBs (°C)	Manhã	18,6	10,0–25,0	24,1	18,0–29,0	21,3
	Tarde	25,2	18,0–31,0	29,0	21,0–34,0	27,1
	Média	21,9	–	27,0	–	–
	Máxima	25,9	20,0–31,0	30,2	21,0–34,0	–
	Mínima	12,4	8,0–17,0	19,7	16,0–25,0	–
UR (%)	Manhã	78	48,0–100	81,5	52,0–100	79,7
	Tarde	49	26,0–90,0	61,4	33,0–100	55,2
	Média	63,5	–	71,5	–	–
ITU	Manhã	63,8	57,0–70,0	72,8	66,0–78,0	68,3
	Tarde	70,6	63,0–76,0	77,5	69,0–85,0	74,0
	Média	67,2	–	75,2	–	–
TGN (°C)	Manhã	26,1	18,0–35,0	31,5	21,0–44,0	28,8
	Tarde	33,4	18,0–42,0	37,3	24,0–50,0	35,3
	Média	29,8	–	34,4	–	–
INSOL <sup>1</sup>		6,9	0,0–10,6	6,9	0,0–12,7	–
PRECIP <sup>2</sup>		3,4	0,0–50,0	8,8	0,0–63,2	–

<sup>1</sup> números de horas de sol/dia; <sup>2</sup> mm/dia; manhã (morning); tarde (afternoon); média (average).

<sup>1</sup> hours of sun/day; <sup>2</sup> mm/day.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação (r) de Pearson e Spearman do grupo genético (GG), período do dia (PD), temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), temperatura de superfície corporal (TS) e índice de temperatura e umidade (ITU)

Table 2 - Coefficients of correlation of Pearson and Spearman for genetic group (GG), period of day (PD), rectal temperature (TR), respiratory rate (FR), hair coat surface temperature (TS) and temperature-humidity index (ITU)

	GG <sup>1</sup>	PD <sup>2</sup>	TR <sup>3</sup>	FR <sup>4</sup>	TS <sup>5</sup>	ITU <sup>6</sup>
GG <sup>(1)</sup>	1,00	-	0,167**	0,122**	-0,036*	-
PD <sup>(2)</sup>		1,00	0,554**	0,580**	0,538**	0,676**
TR <sup>(3)</sup>			1,00	0,658**	0,294**	0,536**
FR <sup>(4)</sup>				1,00	0,439**	0,736**
TS <sup>(5)</sup>					1,00	0,557**
ITU <sup>(6)</sup>						1,00

<sup>1</sup> Grupo genético (Genetic group).

<sup>2</sup> Período do dia (Period of day).

<sup>3</sup> Temperatura retal (Rectal temperature).

<sup>4</sup> Frequência respiratória (Respiratory rate).

<sup>5</sup> Temperatura de superfície corporal (hair coat surface temperature).

<sup>6</sup> Índice de temperatura e umidade (temperature-humidity index).

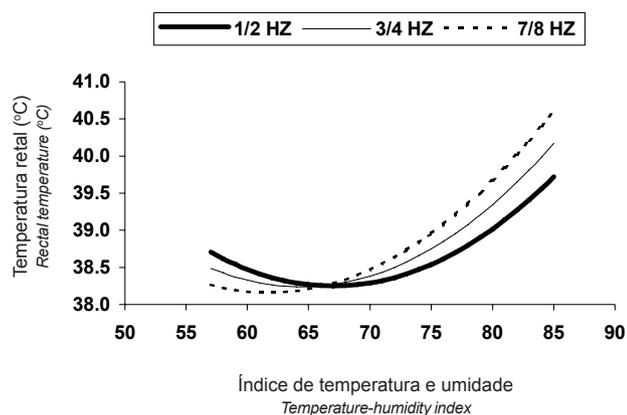


Figura 1 - Temperatura retal de vacas leiteiras mestiças  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em função do índice de temperatura e umidade.

Figure 1 - Rectal temperature of  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  and  $\frac{7}{8}$  crossbred Holstein-Zebu dairy cows in response to the temperature-humidity index.

$0,00455446*ITU^2 - 1,5725*GG + 0,023751*ITU*GG$ ) está representado na Figura 1.

Verificou-se que, a partir de um valor de ITU igual a 57, a TR dos animais dos três grupos genéticos reduziu com aumentos de ITU até valores de 68, 65 e 63 para os animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente (Figura 1). A redução na TR foi de 0,43; 0,24; e 0,10°C para os animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente, os quais recuperaram a TR inicial (ITU = 57) em valores de ITU iguais a 77, 72 e 67. Essa resposta da TR em função do ITU provavelmente está associada

ao padrão bifásico do ritmo circadiano ou nictemeral da temperatura corporal dos bovinos, observado por Wrenn et al. (1961). Esses autores submetem vacas prenhas a um ambiente aquecido e observaram redução de 0,65°C na TR dos animais, sendo que 67% das vacas apresentaram um padrão bifásico na variação da TR. O horário médio no qual se observou a menor TR foi às 10 h25.

No ITU igual a 66, os três grupos genéticos apresentaram a mesma TR (38,25°C), sendo que as diferenças entre eles tornaram-se evidentes a partir desse ponto, com o aumento nos valores de ITU. Embora Gibbons (1966), citado por Baccari Jr. (2001) tenha reportado que a temperatura retal normal da vaca leiteira em condições de termoneutralidade varia de 38,0 a 39,5°C, trabalhos mais recentes (Dhiman & Zaman, 2001; West 2002) consideram que a TR com valor superior a 39,2°C é um indicativo de estresse por calor. Temperaturas com esse valor (39,2°C) foram observadas nos animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ com ITU iguais a 83, 80 e 78, respectivamente, indicando maior sensibilidade quanto ao ITU dos animais  $\frac{7}{8}$ HZ em relação aos outros dois grupos genéticos.

A TR de 39,0°C foi verificada nos animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ em ITU iguais a 80; 77 e 75, respectivamente, que podem ser considerados valores críticos. Aguiar & Targa (1999) observaram, em vacas holandesas ao sol com média de 17 kg de leite/dia, TR de 38,7°C em ITU igual a 65. Para os animais deste estudo, esse valor de ITU corresponde a TR de 38,2°C (Figura 1). ITU igual a 65 indica ausência de estresse por calor;

a TR dos animais nos dois estudos se manteve dentro da faixa de normalidade. Em condições de estresse por calor brando (ITU = 78,2), Silva et al. (2002) constataram, em vacas Holandesas, TR de 39,15°C. Nota-se que esse valor de ITU corresponde a TR de 38,4; 38,5 e 38,6°C para as vacas  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente (Figura 1). Esses resultados evidenciaram melhor tolerância das vacas mestiças a condições consideradas estressantes para animais da raça Holandesa, como era esperado. A TR dos animais nesta pesquisa permaneceu dentro da faixa fisiológica normal de 38,0 a 39,0°C (Brion, 1964, citado por Baccari Jr., 1971; Rosemberger, 1966; Stober, 1993), enquanto os animais utilizados por Silva et al. (2002) extrapolaram o limite superior dessa faixa, demonstrando sensibilidade ao calor. Percebe-se que mesmo os animais com composição genética próxima à raça Holandesa ( $\frac{7}{8}$ HZ) apresentaram TR menor que aquela citada anteriormente (39,15°C), como conseqüência da maior produção de leite das vacas holandesas, que gera grande produção de calor metabólico.

O valor encontrado por Singh & Mishra (1980), que observaram TR de 38,7°C em mestiços Jersey x Hariana em ambiente com ITU de 79,7, é similar ao observado neste trabalho (38,73°C) para os animais  $\frac{1}{2}$ HZ.

No valor máximo de ITU (85), as TR dos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ foram de 39,48; 39,98 e 40,29°C, respectivamente, evidenciando estresse térmico nos três grupos genéticos.

A temperatura corporal normal dos bovinos foi de 38,6°C. Esse valor foi atingido pelos animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ em ITU de 78, 75 e 74, respectivamente, superiores ao valor crítico para produção de leite (72) em vacas da raça Holandesa.

A análise de regressão múltipla, visando avaliar os efeitos do ITU sobre a FR, mostrou que esta resposta fisiológica foi influenciada pelo ITU e pela interação ITU\*GG, sendo o  $R^2$  igual a 62,1 ( $p < 0,01$ ). O gráfico do modelo ( $FR = 562,4 - 149,04 GG - 15,70 ITU + 0,1158 ITU^2 + 0,27 ITU*GG$ ) está representado na Figura 2.

A FR decresceu ligeiramente do ITU 56 para 63 no grupo genético  $\frac{1}{2}$ HZ e do ITU 57 para 61 nas vacas  $\frac{3}{4}$ HZ, acompanhando as reduções na TR.

A partir de valores de ITU iguais a 63, 61 e 60, a FR aumentou nos grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente (Figura 2). Para esses três grupos, o aumento na TR aconteceu a partir de ITU igual a 72, 67 e 63. Esses resultados sugerem que, à semelhança do reportado por Lemerle & Goddard (1986), mecanismos homeostáticos, incluindo o aumento na FR,

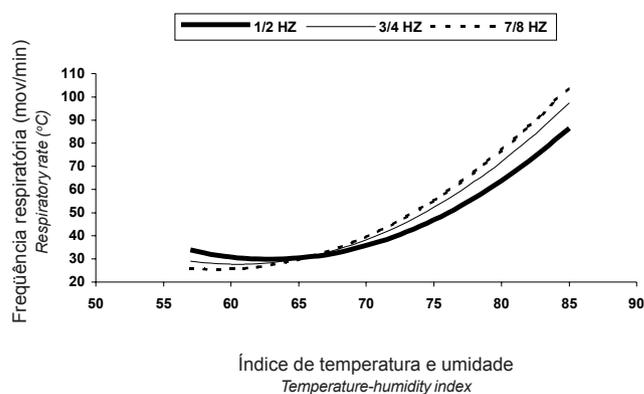


Figura 2 - Frequência respiratória de vacas leiteiras mestiças  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em função do índice de temperatura e umidade.

Figure 2 - Respiratory rate of  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  and  $\frac{7}{8}$  crossbred Holstein-Zebu dairy cows in response to the temperature - humidity index.

podem prevenir um apreciável aumento na TR antes que o ITU atinja um ponto crítico.

Em ITU igual a 70, 69 e 68 os animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  HZ apresentaram, respectivamente, valor de FR de 36 movimentos/minuto (mov/min.), considerado por Stober (1993) normal para vacas leiteiras.

Em ITU igual a 79, 77 e 76, para os grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente, foi constatado valor de FR de 60 mov/min., indicativo de ausência de estresse por calor ou estresse mínimo (Baccari Jr., 2001), enquanto, nos valores de ITU de 84, 82 e 81, foi obtida FR igual a 80 mov/min. No valor máximo de ITU (85), as FR para  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ foram de 86, 97 e 104 mov/min. A maior FR dos animais  $\frac{7}{8}$ HZ evidenciou a necessidade de dissipação de calor, em razão de sua temperatura corporal mais elevada, conforme discutido anteriormente. De acordo com Hahan et al. (1997), citado por Gaughan et al. (1999), FR de 20 a 60 mov/min. é indicativo de ausência de estresse térmico e de 80 a 120 mov/min., de que os animais estão sob estresse moderado, mas, quando a FR ultrapassa 120 mov/min., demonstra que os bovinos estão sob carga excessiva de calor. A menor FR dos animais  $\frac{1}{2}$ HZ, tanto com ITU igual a 80 como de 85 mov/min., demonstra menor necessidade de utilização das vias respiratórias para manter a homeotermia, e isto, entre outros fatores, provavelmente seja decorrente do fato de os animais terem melhor capacidade de perda de calor pelas vias cutâneas, por intermédio da sudação.

Silva et. al. (2002) observaram FR igual a 75,83 em condições ambientais de ITU igual a 78,2, que corresponde

(Figura 2) à FR igual a 56, 64 e 68 mov/min. para os grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ. Esses resultados demonstram que vacas da raça Holandesa necessitam ativar, com mais intensidade que as mestiças, seu mecanismo termorregulador visando à dissipação de calor corporal pelas vias respiratórias, em virtude de sua menor adaptabilidade às condições adversas de climas quentes.

A análise de regressão múltipla, considerando a TS como variável dependente, mostrou que os fatores que mais influenciaram o modelo foram o ITU e o GG. O valor de  $R^2$  foi de 31,2 ( $P < 0,01$ ). O gráfico do modelo ( $TS = 3,72 - 1,05 GG + 0,46 ITU$ ) está representado na Figura 3.

Os animais dos três grupos genéticos apresentaram o mesmo padrão de resposta aos aumentos no ITU, com diferenças mínimas de TS entre grupos (Figura 3). A TS dos animais  $\frac{1}{2}$ HZ foi ligeiramente superior às encontradas nos  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, provavelmente em razão da cor mais escura da pelagem desse grupo genético.

Observou-se aumento de  $0,46^\circ\text{C}$  da TS para cada unidade de aumento no ITU nos três grupos genéticos.

Sakurai & Dohi (1988), citados por Blackshaw & Blackshaw (1994), mostraram que, quando a temperatura do pêlo de bovinos japoneses pretos em pastejo sob radiação solar direta foi maior que  $40^\circ\text{C}$  por aproximadamente 30 minutos, o pastejo cessou e os animais procuraram sombra. Nos animais incapazes de procurar sombra, a FR aumentou de 80 para 120 a 160 mov/min. e a TS excedeu  $45^\circ\text{C}$ . Presença de nuvens e velocidade dos ventos de 2 a 3 m/s reduziram a temperatura da superfície dos pêlos e os bovinos reiniciaram o pastejo.

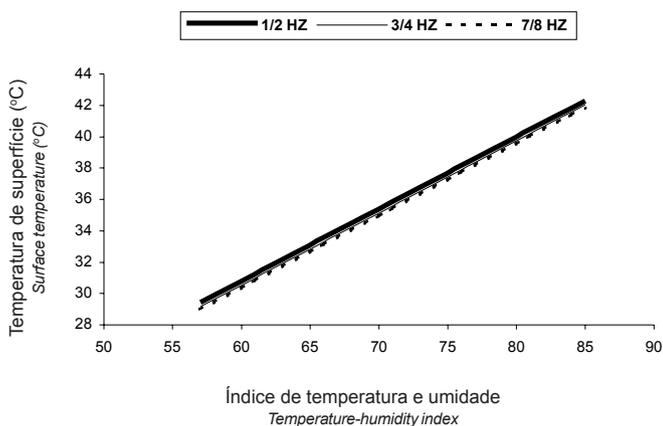


Figura 3 - Temperatura de superfície corporal de vacas leiteiras mestiças  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em função do índice de temperatura e umidade.  
 Figure 3 - Hair coat surface temperature of  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  and  $\frac{7}{8}$  crossbred Holstein-Zebu dairy cows in response to the temperature - humidity index.

Neste trabalho, observou-se que os animais atingiram TS acima de  $40^\circ\text{C}$  em valor de ITU igual a 81. Com base nos resultados de estudo de comportamento citados anteriormente, pode-se considerar esse valor de ITU como crítico.

## Conclusões

A frequência respiratória evidenciou ser indicador de estresse térmico melhor que a temperatura retal.

Considerando-se variação normal de temperatura retal ( $38,0$  a  $39,0^\circ\text{C}$ ), foram estimados valores críticos superiores de índice de temperatura e umidade iguais a 80, 77 e 75 para os animais dos grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente.

Com base na frequência respiratória igual a 60 movimentos/minuto, acima da qual os bovinos apresentam sinais de estresse por calor, estimaram-se valores críticos superiores de índice de temperatura e umidade iguais a 79, 77 e 76 para os animais dos grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ HZ, respectivamente.

Vacas do grupo genético  $\frac{1}{2}$ HZ demonstraram maior tolerância ao calor que as  $\frac{7}{8}$ HZ, enquanto as  $\frac{3}{4}$ HZ se mantiveram em posição intermediária.

## Literatura Citada

- AGUIAR, I.S.; BACCARI JR., F.; GOTTSHALK, A.F. et al. Produção de leite de vacas Holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.617-619.
- AGUIAR, I.S.; TARGA, L.A. Respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas Holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Energia na Agricultura**, v.14, n.4, p.9-21, 1999.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- BACCARI JR., F. **Estudo da frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal em bovinos leiteiros da espécie *Bos taurus***. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1971. 43p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1971.
- BACCARI JR., F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1986, 1., Fortaleza. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DIE, 1990. p.9-17. (EMBRAPA-CNPC. Documentos, 7)
- BACCARI JR., F.; AGUIAR, I.S. TEODORO, S.M. Hipertermia, taquipnéia e taquicardia em vacas holandesas malhadas de vermelho sob stress térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1., 1995, Jaboticabal. **Anais...**

- Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 1995. p.15-16
- BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BARNABÉ, R.C. Variações estacionais no pelame de vacas da raça Jersey e sua correlação com a produção leiteira. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.12, p.95-106, 1975.
- BEEDE, D.K.; MALLONEE, P.G.; SCHNEIDER, P.L. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African Journal of Animal Science**, v.13, n.3, p.198-200, 1983.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal of Animal Science**, v.62, p.543-555, 1986.
- BERMAN, A.; MORAG, M. Nychthemeral patterns of thermoregulation in high-yielding dairy cows in a hot dry near-natural climate. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 22, p.671-680, 1971.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M. et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yield dairy cows in a subtropical climate. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.6, p.1489-2432, 1985.
- BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.285-295, 1994.
- BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S.; MARTINEZ, M.F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, v.78, p.307-326, 2003.
- DAMASCENO, J.C.; BACCARI JR., F.; TARGA, L.A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3. p.595-602, 1998.
- DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S. Desafios dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. p.05-20.
- FREITAS, A.F.; LEMOS, A.; WILCOX, C. et al. Crossbreeding zebu and european cattle in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIVESTOCK IN THE TROPICS, 1995, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1995. p.124-130.
- FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of Animal Science**, v.52, p.164-182, 1981.
- GAUGHAN, J.B.; MADER, T.L.; HOLT, S.M. et al. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2398-2405, 1999.
- HANSEN, P.J.; ARECHIGA, C.F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl. 2, p.36-50, 1999.
- HEMSWORTH, P.H.; BARNETT, J.L.; BEVERIDGE, L. et al. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.
- JOHNSON, H.D. **Bioclimatology and the adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 279p.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, (Ed.) **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Sciences, 1971. p.71-92.
- LEMERLE, C.; GODDARD, M.E. Assesment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. **Tropical Animal Health and Production**, v.18, n.4, p.232-242, 1986.
- MADALENA, F.E. Crossbreeding strategies for dairy cattle in Brazil. **World Animal Review**, v.38, p.23-30, 1981.
- MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S. Programa nacional de melhoramento genético. **Balde Branco**, n.439, 2001. (Encarte Técnico).
- MATOS, L.L. Do pasto ao leite com tecnologia. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: R. B. Reis et al., 2001. p.50-65.
- McDOWELL, R.E. **Improvement of livestock production in warm climate**. San Francisco: W. H. Freeman, 1972. 436p.
- McDOWELL, R.E. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. **Journal Dairy Science**, v.79, p.1292-1303, 1996.
- ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy Manage**, v.35, n.5, p.6-12, 1998.
- ROSEMBERGER, G. **Exploración clínica del ganado vacuno**. Barcelona: Labor, 1966. 234p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética**. versão 8, 2000.
- SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. **Journal of Animal Science**, v.66, p.112-125, 1988.
- SILVA, I.J.O.; PANDORTH, H.; ACARARO JR., E. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.
- SINGH, A.S.; MISHRA, M. Physiological responses and economic traits of Holstein, Jersey, crossbred and Harijana cows in hot and humid environment. **Indian Journal of Dairy Science**, v.33, p.175-181, 1980.
- STOBER, M. Identificação, Anamnese, regras básicas da técnica do exame clínico geral. In: ROSEMBERGER, G. (Ed.). **Exame clínico dos bovinos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.
- SYRSTAD, O. Dairy cattle crossbreeding in the tropics: choice of crossbreeding strategy. **Tropical Animal Health and Production**, v.28, p.223-229, 1996.
- TIZIKARA, C.; AKINOKUN, O.; CHIBOKA, O. A review of factors limiting productivity and evolutionary adaptation of tropical livestock. **World Review of Animal Production**, v.21, n.4, p.41-46, 1985.
- WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.21-35, supplement 2, 1999.
- WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne: Eastridge, M.D., 2002. p.1-9.
- WRENN, T.R.; BITMAM, N.J.; SIYKES, J.F. Diurnal patterns of bovine body temperature. **Journal of Dairy Science**, v.44, p.2077-2080, 1961.
- YOULSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 217p.

Recebido em: 25/08/04

Aceito em: 14/06/05