

# ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE BEZERROS DA RAÇA HOLANDESA EM BEZERREIROS INDIVIDUAIS COM DIFERENTES COBERTURAS<sup>1</sup>

CELSO Y. KAWABATA<sup>2</sup>, RAFAEL C. DE CASTRO<sup>3</sup>, HOLMER SAVASTANO JÚNIOR<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este trabalho avaliou a eficiência de abrigos para bezerros, a partir de índices de conforto térmico (carga térmica radiante, índice de temperatura de globo e umidade e índice de globo negro), pela comparação entre abrigos cobertos por telha de cimento-amianto e telha de cimento-celulose. O experimento foi implantado num sistema de abrigos convencionais, tipo boxe, com cinco tratamentos: telhados de cimento-amianto, cimento-celulose, cimento-celulose pintado de branco e telhado duplo de cimento-celulose, todos expostos ao sol, e telhado de cimento-celulose em área sombreada. Foram realizadas cinco repetições (um bezerro por repetição), de setembro a novembro de 2002, em Pirassununga - SP. As variáveis fisiológicas registradas foram frequência respiratória e temperatura retal. Os abrigos expostos ao sol e com telha de cimento-amianto apresentaram os índices menos satisfatórios quanto ao conforto térmico animal, em relação aos demais abrigos ao sol. Os abrigos com telhas de cimento-celulose e em área sombreada apresentaram os melhores índices de conforto térmico animal. Os resultados das variáveis fisiológicas foram melhores para o tratamento posicionado à sombra. Encontrou-se relação entre os resultados de conforto térmico e os fisiológicos, em especial para a frequência respiratória.

**PALAVRAS-CHAVE:** bovinos, cimento-amianto, cimento-celulose.

## THERMAL COMFORT INDEXES AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF HOLSTEIN CALVES IN INDIVIDUAL HOUSES WITH DIFFERENT ROOFINGS

**ABSTRACT:** This work was focused in the efficiency of housing for calves, based on thermal comfort indexes (radiant thermal load, black globe humidity index and black globe index). It was compared animal housing covered with commercial corrugated sheets produced with asbestos cement and cellulose cement tiles. The experiment was carried out in a system of conventional housing, box type, with five treatments: roofs with asbestos cement tiles, cellulose cement tiles, cellulose cement painted tiles and double layer of cement cellulose tiles, all of them exposed to the sunlight and cement cellulose roof under shade. The experiment involved five replications (one calf per replication), during the spring time of 2002, in Pirassununga, State of São Paulo, Brazil. Physiological variables of thermoregulation (respiration rate and rectal temperature) were registered. The housing directly exposed to the sunlight and covered with asbestos cement sheets presented the less satisfactory results for the animal thermal comfort in comparison with the other treatments also exposed to the sun. The housing covered with cellulose cement tiles under shade showed the best results of thermal comfort. The results of the physiological variables were significantly better for the treatment positioned under shade. A satisfactory relation between the thermal comfort indexes and the physiological results (especially respiration rate) were found for the conditions of the present work.

**KEYWORDS:** bovines, asbestos cement, cellulose cement.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no Conbea 2004. Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor. Financiamento e bolsa da Fapesp (Processos n<sup>os</sup> 01/09101-7 e 00/14598-5).

<sup>2</sup> Zootecnista, Doutorando, Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga - SP, Fone: (0XX19) 3565.4154, celsoyk@yahoo.com. Bolsista Fapesp.

<sup>3</sup> Graduando em Zootecnia, FZEA/USP, Pirassununga - SP. Bolsista PET.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Civil, Prof. Titular, Departamento de Engenharia de Alimentos, FZEA/USP, Pirassununga - SP. Bolsista PQ CNPq.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 28-2-2005

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16-11-2005

## INTRODUÇÃO

Para os climas subtropicais e tropicais, como os do Brasil, os efeitos de temperatura e umidade do ar são, muitas vezes, limitantes ao desenvolvimento, à produção e à reprodução dos animais, em razão do estresse a eles associado. Assim, os materiais a serem utilizados para a confecção das instalações devem permitir bom isolamento térmico para que o ambiente interno dessas instalações seja menos influenciado pela variação climática (PADILHA et al., 2001). Bezerros de vacas leiteiras podem ser criados com ótimos resultados em instalações simples, que ofereçam condições de higiene, saúde e manejo eficientes. Daí a necessidade de instalações adaptadas, com características construtivas que garantam o máximo de conforto e que permitam ao animal abrigado desenvolver todo seu potencial genético (NÄÄS & SILVA, 1998).

As adversidades climáticas alteram as condições fisiológicas dos animais e ocasionam o declínio da produção, principalmente no período de menor disponibilidade de alimentos (GRANT & ALBRIGHT, 1995). As altas temperaturas, associadas à umidade do ar também elevada, afetam negativa e significativamente a temperatura retal e a frequência respiratória, e podem causar estresse em animais de interesse zootécnico (MAGALHÃES et al., 1998).

Para a determinação dos níveis de conforto térmico ambientais, diversos índices têm sido desenvolvidos, sendo dependentes de vários parâmetros inter-relacionados, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação do ambiente (MARTA FILHO, 1993). As respostas ao estresse térmico mais utilizadas são a temperatura corporal, a taxa e o volume respiratório, isoladamente ou em combinação (FEHR et al., 1993). O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é baseado nas medidas da temperatura de globo negro, da temperatura de ponto de orvalho e da temperatura ambiente (BUFFINGTON et al., 1981). A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante a ele. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o seu meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (BOND & KELLY, 1955). Para BEDFORD & WARNER (1934), o termômetro de globo negro (TGN) é uma maneira de se indicar os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo. Segundo SEVEGNANI (1997), o TGN é muito utilizado como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações.

RODRIGUES & NÄÄS (1999) concluíram que os planos de envoltória da instalação requerem maior intervenção para a melhoria das condições internas de conforto térmico. A pintura de cor branca é um dos tratamentos que podem ser aplicados às coberturas, a fim de melhorar seu desempenho térmico. O uso de pintura branca nas telhas de cimento-amianto pode promover a reflexão de cerca de 70 a 88% dos raios solares, dependendo da natureza da tinta (KOENISBERGER et al., 1977). Trabalho desenvolvido por SAVASTANO JÚNIOR et al. (1997) mostrou as melhorias de desempenho térmico com o uso de pinturas refletivas no telhado. A proteção proporcionada pela sombra é uma barreira contra radiação térmica (SILVA, 2000). Por causa dos elevados níveis de radiação solar nas zonas tropicais, a simples existência de sombra de árvores pode alterar favorável e significativamente o desempenho dos animais (BLACKSHAW & BLACKSHAW, 1994).

Este trabalho teve como objetivo comparar diversas opções de cobertura em abrigos individuais para bezerros, ao sol e à sombra, com base nos índices de conforto térmico, bem como sua relação com as variáveis fisiológicas (temperatura retal e frequência respiratória) dos animais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Montagem experimental

Foram fabricadas 750 telhas com matriz à base de cimento Portland CPIII - NBR-5735 (ABNT, 1993) e escória básica de alto-forno moída, reforçadas com 5% em massa de polpa de celulose de

eucalipto (*Eucalyptus grandis*). A pasta foi produzida segundo a formulação aproximada 1:1,5; 0,5 (cimento:escória; fator água/aglomerante). A moldagem e o adensamento por vibração das telhas seguiram procedimentos adotados por SAVASTANO JÚNIOR & PIMENTEL (2000), a partir da adaptação de equipamento desenvolvido pela empresa Parry Associates, Reino Unido (GRAM & GUT, 1994).

O experimento foi realizado em Pirassununga - SP (altitude de 630 m, coordenadas 21°57'02" de latitude sul e 47°27'50" de longitude oeste), de 17 de setembro a 2 de novembro de 2002. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, tropical, sazonal, com duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual é de 22,0 °C e a pluviosidade média anual de 1.350 mm (SAVASTANO JÚNIOR, 2001).

Foram utilizados 25 bovinos machos, colostados, da raça Holandesa, com idade inicial entre dois e cinco dias e peso individual aproximado de 40 kg. Os animais foram divididos em cinco lotes, o mais homogêneos possível, com cinco animais cada um. Foram fornecidos dois litros de leite, duas vezes ao dia, por animal, durante o primeiro mês de experimento, e dois litros, uma vez ao dia, no segundo mês de experimento, bem como água, guardado o intervalo de uma hora em média entre ambos. Ração peletizada foi fornecida após a primeira semana de vida, duas vezes ao dia, em pequenas quantidades (*ad libitum*).

Os animais foram mantidos em abrigos individuais para bezerros, com as seguintes dimensões aproximadas: 1,20 m de largura, 1,50 m de profundidade e 1,10 m de altura. As laterais eram fechadas com placa de madeira compensada com 15 mm de espessura, pintada de branco com cal e uma única abertura de entrada, voltada para a direção leste. O telhado apresentava comprimento de 1,80 m e largura de 1,35 m (área total de 2,43 m<sup>2</sup>), beirais de aproximadamente 0,15 m e inclinação de 5%. Os abrigos estavam instalados em área plana, coberta por areia, com sombreamento parcial proporcionado por árvores adultas da espécie *Persea americana* Mill. (abacateiros). O experimento empregou quatro tratamentos sob exposição direta ao sol e um tratamento adicional à sombra. O tratamento mantido na sombra consistia de bezerreiro com telhado de cimento-celulose (CSM). Os tratamentos expostos ao sol foram:

- telhado de cimento-amianto (ASL);
- telhado de cimento-celulose (CSL);
- telhado de cimento-celulose pintado de branco (PSL), e
- telhado duplo de cimento-celulose (DSL) com duas camadas de telha espaçadas cerca de 5 cm uma da outra, de modo a criar um colchão de ar com circulação natural. Foi aplicada entre as duas camadas de telhas uma folha (com a face aluminizada voltada para a telha superior) montada a partir da junção de várias embalagens TetraPak<sup>®</sup> abertas, coladas, funcionando como um forro intermediário. Essas embalagens são feitas de papel-cartão (75% em massa), filme de polietileno de baixa densidade (20% em massa) e alumínio (5% em massa) (TETRAPAK, 2003).

A montagem experimental em questão possibilitou a avaliação comparativa dos telhados de cimento-celulose, com pintura e com camada dupla de telhas em relação ao controle (telhas comerciais de cimento-amianto). Essa comparação procedeu-se em área não sombreada, por ser considerada a mais crítica do ponto de vista do conforto térmico para os animais. No caso específico do tratamento com cobertura de telhas de fibrocimento, avaliou-se o efeito do sombreamento como variável adicional para a redução da radiação solar.

### **Parâmetros avaliados**

Foram medidas diariamente as temperaturas de bulbo seco (TBS) e de globo negro (TGN), bem como a umidade relativa do ar (UR) em três horários: 8; 11 e 14 h. Para registro da TGN, foram

utilizados termômetros de globo, confeccionados com bolas esféricas de tênis de mesa com 3,5 cm de diâmetro externo, pintadas com tinta preta-fosca, acopladas a termômetros de mercúrio (SILVA, 2000). A UR e a TBS foram registradas a partir de termoigrômetros da marca Haar-Synth Hygro<sup>®</sup>, com escala de 0 a 100%, e precisão de 1% para a umidade relativa, e escala de -15 °C a 55 °C, e precisão de 1 °C para a temperatura ambiente. Os instrumentos climáticos foram colocados em alçapões de madeira, para protegê-los dos animais, a 80 cm do solo, no interior do abrigo, de modo a evitar a incidência direta de raios solares. Os alçapões utilizados eram do tipo gaiola, com o intuito de minorar qualquer influência sobre os dados ambientais registrados. Para caracterizar o ambiente, foi utilizada a estação meteorológica Campbell Scientific modelo 21X(L), localizada acerca de 200 m do local do experimento.

O conforto térmico foi avaliado por meio do dia crítico para bezerros, ou seja, aquele de entalpia elevada, a partir da qual começa a se acentuar o estresse térmico. Selecionaram-se os dias em que a entalpia às 14 h esteve acima da considerada crítica (66,1 kJ kg<sup>-1</sup> de ar seco). Esse valor foi determinado com o programa computacional GRAPSI 4.0<sup>®</sup>, da Universidade Federal de Viçosa, a partir da temperatura crítica superior de 25 °C (SILVA, 2000) e da UR de 75% (KELLY et al., 1984). Para esses dias, foram calculados a CTR (ESMAY, 1979), o ITGU (BUFFINGTON et al., 1981) e o TGN (SEVEGNANI, 1997).

Os parâmetros fisiológicos analisados foram temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR). Os registros eram feitos a cada dois dias, num total de 16 dias, sempre às 14 h, em todos os animais de cada tratamento, com o devido cuidado para evitar o estresse dos bezerros. Todos os dias de coleta dos dados fisiológicos coincidiram com dias de entalpia elevada, o que permitiu a utilização de todos esses dados no estudo de correlação com os índices de conforto térmico. A TR foi medida com termômetro clínico digital humano, que permanecia no reto do animal por aproximadamente 1 min. A medida da FR foi realizada pela contagem dos movimentos respiratórios do flanco dos bezerros, durante 30 s, para depois ser calculada a frequência por minuto.

### **Análise estatística**

Utilizou-se do delineamento inteiramente casualizado, considerando repetição o número de abrigos por tratamento. Para os dados climáticos, empregou-se arranjo em parcelas subdivididas, com os tratamentos como parcelas principais e os horários de coleta, dentro de cada tratamento, como subparcelas, por meio do procedimento Mixed do SAS. Na análise dos dados fisiológicos, foi utilizado o programa computacional Minitab 13 for Windows, por ser uma análise estatística menos complexa e com menor número de variáveis, e para a comparação das médias, utilizou-se do teste de Tukey.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Variáveis climáticas**

Os registros climáticos médios coletados pela estação meteorológica durante o período experimental foram: temperatura média 23,7 °C, umidade relativa média 68,2%, velocidade do vento média 11,4 m s<sup>-1</sup> e precipitação pluviométrica total 54,1 mm. Os valores médios dos parâmetros climáticos e dos índices de conforto térmico foram analisados para cada tratamento, nos 37 dias críticos e sem distinção dos horários, e indicaram que os abrigos ASL foram mais desconfortantes com base na entalpia, na CTR, no ITGU e na TGN. Esse resultado indicou, conforme conhecido de várias pesquisas (FERREIRA, 1993 e SOUZA et al., 1992), que o cimento-amianto constitui um material inapropriado ao conforto térmico. Adicionalmente, esse tratamento esteve exposto à radiação solar direta. Segue análise detalhada de cada uma das variáveis estudadas, de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1. Valores médios e respectivos desvios-padrão de TBS, UR, entalpia, TGN, CTR e ITGU nos horários de coleta para todos os tratamentos (CSM: cimento-celulose/sombra; ASL: cimento-amianto/sol; CSL: cimento-celulose/sol; DSL: telhado duplo/sol; PSL: telhado pintado/sol).

Horário	Tratam.	TBS (°C)	UR (%)	Entalpia (kJ kg <sup>-1</sup> ar seco)	TGN (°C)	CTR (W m <sup>-2</sup> )	ITGU
8	CSM	21,43 <sup>A</sup> ±2,55	94,85 <sup>A</sup> ±6,87	70,42 <sup>A</sup> ±8,96	21,81 <sup>A</sup> ±2,58	455,74 <sup>A</sup> ±28,56	70,65 <sup>A</sup> ±3,23
	CSL	21,59 <sup>Aa</sup> ±2,60	93,88 <sup>Aa</sup> ±7,27	71,05 <sup>Aa</sup> ±8,45	21,59 <sup>Aa</sup> ±2,59	435,19 <sup>Bb</sup> ±19,65	70,47 <sup>Aa</sup> ±3,23
	ASL	21,27 <sup>a</sup> ±2,47	95,16 <sup>a</sup> ±6,38	70,37 <sup>a</sup> ±8,08	21,67 <sup>a</sup> ±2,50	456,90 <sup>a</sup> ±25,07	70,79 <sup>a</sup> ±3,54
	DSL	21,83 <sup>a</sup> ±2,81	92,96 <sup>a</sup> ±7,45	71,57 <sup>a</sup> ±8,90	21,92 <sup>a</sup> ±2,64	438,60 <sup>b</sup> ±24,24	70,83 <sup>a</sup> ±3,31
	PSL	21,41 <sup>a</sup> ±2,66	94,73 <sup>a</sup> ±6,73	70,79 <sup>a</sup> ±8,66	21,57 <sup>a</sup> ±2,63	442,31 <sup>b</sup> ±22,58	70,45 <sup>a</sup> ±3,31
11	CSM	30,17 <sup>A</sup> ±2,81	71,18 <sup>A</sup> ±7,82	92,89 <sup>A</sup> ±8,20	30,86 <sup>A</sup> ±2,63	506,87 <sup>A</sup> ±29,96	81,09 <sup>A</sup> ±3,03
	CSL	31,26 <sup>Aa</sup> ±3,06	68,60 <sup>Aa</sup> ±7,54	96,09 <sup>Ab</sup> ±9,53	31,51 <sup>Ab</sup> ±2,91	506,41 <sup>Ab</sup> ±34,44	81,90 <sup>Ab</sup> ±3,38
	ASL	32,12 <sup>a</sup> ±2,98	68,35 <sup>a</sup> ±6,73	100,23 <sup>a</sup> ±10,04	32,68 <sup>a</sup> ±2,97	521,85 <sup>a</sup> ±27,17	83,34 <sup>a</sup> ±3,51
	DSL	31,64 <sup>a</sup> ±3,11	67,42 <sup>a</sup> ±7,28	96,76 <sup>ab</sup> ±9,76	31,61 <sup>ab</sup> ±3,36	502,88 <sup>b</sup> ±26,05	82,02 <sup>b</sup> ±3,88
	PSL	31,43 <sup>a</sup> ±2,87	68,55 <sup>a</sup> ±7,59	96,84 <sup>ab</sup> ±8,91	31,47 <sup>b</sup> ±2,81	497,73 <sup>b</sup> ±23,51	81,91 <sup>b</sup> ±3,26
14	CSM	32,63 <sup>A</sup> ±3,02	64,78 <sup>A</sup> ±7,34	98,71 <sup>A</sup> ±9,68	32,50 <sup>A</sup> ±2,96	498,33 <sup>A</sup> ±19,88	83,01 <sup>A</sup> ±3,48
	CSL	34,19 <sup>Ba</sup> ±3,19	61,65 <sup>Aa</sup> ±7,02	102,97 <sup>Bb</sup> ±10,35	33,60 <sup>Aa</sup> ±3,19	502,90 <sup>Aa</sup> ±20,10	84,33 <sup>Aa</sup> ±3,73
	ASL	34,97 <sup>a</sup> ±3,26	62,56 <sup>a</sup> ±6,62	108,18 <sup>a</sup> ±11,19	34,51 <sup>a</sup> ±3,25	509,24 <sup>a</sup> ±20,99	85,60 <sup>a</sup> ±3,83
	DSL	34,66 <sup>a</sup> ±3,26	60,87 <sup>a</sup> ±6,86	104,44 <sup>ab</sup> ±10,61	33,88 <sup>a</sup> ±3,27	504,96 <sup>a</sup> ±21,46	84,68 <sup>a</sup> ±3,82
	PSL	34,53 <sup>a</sup> ±3,19	61,78 <sup>a</sup> ±7,05	104,86 <sup>ab</sup> ±10,34	33,85 <sup>a</sup> ±3,15	503,92 <sup>a</sup> ±20,45	84,71 <sup>a</sup> ±3,68

<sup>A, B</sup>: letras diferentes indicam tratamentos CSM e CSL estatisticamente diferentes entre si, na mesma coluna e no mesmo horário.

<sup>a, b</sup>: letras diferentes indicam tratamentos ao sol estatisticamente diferentes entre si, na mesma coluna e no mesmo horário.

**Temperatura de bulbo seco:** Às 14 h, os abrigos CSL apresentaram valores maiores estatisticamente ( $P < 0,05$ ) em comparação aos abrigos CSM. Comparando-se as coberturas dos abrigos ao sol às 11 e às 14 h, os valores de ASL são os maiores, mas sem diferença estatística significativa. Os valores de TBS seguem o mesmo comportamento de pesquisa desenvolvida por NÄÄS et al. (2001), com gradual elevação da temperatura durante o dia, até alcançarem o seu máximo por volta das 14 e 15 h.

**Umidade relativa:** Os valores de UR não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) ao se comparar CSL com CSM. Os abrigos DSL apresentaram, em todos os horários de coleta, os menores valores de UR se comparados aos demais abrigos expostos ao sol. Isso pode ter explicação pelo “colchão” de ar formado pela cobertura dupla, já que o ar circulante pode retirar a umidade. Em razão desse fato, neste tratamento, ao contrário dos demais, a condensação de umidade não aconteceu em contato direto com os animais. A UR seguiu o mesmo comportamento reportado por ABREU et al. (2001) com diminuição ao passar das horas do dia, até alcançar o seu valor mínimo por volta das 14 e 15 h. Segundo CAMPOS (1985), são aceitáveis valores de UR compreendidos entre 70 e 80%. Isso só foi possível às 11 h para os abrigos em área sombreada.

**Entalpia:** O comportamento das coberturas CSM e CSL é semelhante e sem diferença significativa nos dois primeiros horários de coleta. Às 14 h, os resultados de CSL foram estatisticamente maiores ( $P < 0,05$ ) em comparação aos abrigos CSM. Às 11 e às 14 h, os abrigos ASL apresentaram os valores mais desconfortantes de entalpia e significativamente maiores que os abrigos CSL ( $P < 0,05$ ).

**Temperatura de globo negro:** O comportamento das coberturas CSM e CSL é similar (sem diferença estatística), apesar de valores mais altos para os abrigos CSL às 11 e às 14 h. No caso dos abrigos colocados ao sol, às 11 h, ASL apresentou valor de TGN termicamente mais desconfortável em comparação aos resultados de CSL e PSL ( $P < 0,05$ ).

**Carga térmica radiante:** Nos registros das 8 h, abrigos CSM apresentaram maiores valores que CSL ( $P < 0,05$ ), possivelmente pela maior incidência de raios solares sobre os abrigos posicionados à

sombra, nas primeiras horas da manhã. Às 11 e às 14 h, abrigos ASL registraram maior valor de CTR, porém sem diferença estatística para as 14 h. Isso confirma a superioridade do conforto térmico proporcionado pelas telhas de fibrocimento não convencionais em análise. Os tratamentos CSL, PSL e DSL apresentaram valores de CTR bem próximos entre si, pelo fato de as telhas serem fabricadas com o mesmo material e apresentarem tonalidades parecidas.

**Índice de temperatura de globo e umidade:** Os abrigos CSL apresentaram maiores valores de ITGU em relação às coberturas CSM, às 11 e às 14 h, porém sem diferença significativa ( $P > 0,05$ ). No caso dos abrigos colocados ao sol, às 11 h, ASL apresentou o maior valor ( $P < 0,05$ ) entre todos os tratamentos. Nesse mesmo horário, os tratamentos CSL e PSL apresentaram valores próximos, provavelmente em razão da tonalidade clara das telhas de cimento-celulose mesmo sem pintura. A tonalidade mais clara justifica-se pelo elevado teor de escória de alto-forno na composição da matriz cimentícia utilizada. Essa matriz sofre carbonatação acelerada na presença de  $\text{CO}_2$  do ar (SAVASTANO JÚNIOR et al., 2003), com o seu conseqüente clareamento superficial.

De acordo com os valores médios de TBS, entalpia, TGN, CTR e ITGU no interior dos abrigos dos cinco tratamentos para os diferentes horários de coleta, houve interação entre tratamento e hora ( $P < 0,05$ ), ou seja, houve diferença significativa entre os tratamentos, em pelo menos um dos horários de coleta de dados. A tendência de aumento da TBS, da CTR, da TGN e do ITGU e de diminuição da UR ao longo do dia, até próximo às 14 h, é coincidente com os resultados de pesquisas desenvolvidas por FERREIRA (1993) e SEVEGNANI et al. (1994) para telhados com cimento-amianto.

### Variáveis fisiológicas

Na Tabela 2, apresentam-se as análises detalhadas de cada uma das variáveis fisiológicas para cada tipo de tratamento, em 16 dias de coleta.

TABELA 2. Valores médios e respectivos desvios-padrão de FR e TR às 14 h para todos os tratamentos (CSM: cimento-celulose/sombra; ASL: cimento-amianto/sol; CSL: cimento-celulose/sol; DSL: telhado duplo/sol; PSL: telhado pintado/sol).

Tratamento*	CSM	CSL	ASL	DSL	PSL
FR (mov/min)	42,5 <sup>A</sup> ±6,16	54,7 <sup>Ba</sup> ±5,02	54,2 <sup>a</sup> ±4,00	56,2 <sup>a</sup> ±4,99	53,9 <sup>a</sup> ±4,30
TR (°C)	39,0 <sup>A</sup> ±0,33	39,6 <sup>Ba</sup> ±0,73	39,5 <sup>a</sup> ±0,45	39,5 <sup>a</sup> ±0,52	39,6 <sup>a</sup> ±0,46

<sup>A, B</sup>: letras diferentes indicam tratamentos CSM e CSL estatisticamente diferentes entre si, na mesma linha e no mesmo horário.

<sup>a, b</sup>: letras diferentes indicam tratamentos ao sol estatisticamente diferentes entre si, na mesma linha e no mesmo horário.

**Frequência respiratória:** Os animais em CSL sofreram aumento significativo ( $P < 0,05$ ) de 25% na FR em comparação aos bezerros em CSM. A média dos registros de FR está coerente com o valor encontrado no período da tarde por SOUZA et al. (1992), que trabalharam com conforto térmico de bezerros em abrigos com diversos tipos de cobertura, a saber: telha plástica ondulada, madeira compensada e ferro-cimento.

**Temperatura retal:** Os animais do tratamento CSL apresentaram valores de TR maiores que os do tratamento CSM ( $P < 0,05$ ). Não houve diferença significativa entre os abrigos em área com sol. A média dos valores de TR também está coerente com aqueles encontrados no período da tarde por SOUZA et al. (1992). Segundo CAMPOS (1985), a faixa ideal de TR para bezerros situa-se entre 38,0 °C e 39,3 °C. Essa condição desejável foi encontrada somente nos animais instalados em CSM.

### Índices de conforto térmico x variáveis fisiológicas

Os índices de conforto térmico e as variáveis fisiológicas foram avaliados conjuntamente na busca de possível relação entre eles. ITGU e CTR foram correlacionadas com TR e FR para a média de todos os tratamentos, às 14 h. Nas Figuras 1 e 2, são observados os registros de FR e os dois índices

de conforto térmico. Nas Figuras 3 e 4, são observadas as leituras de TR em comparação com esses mesmos índices.

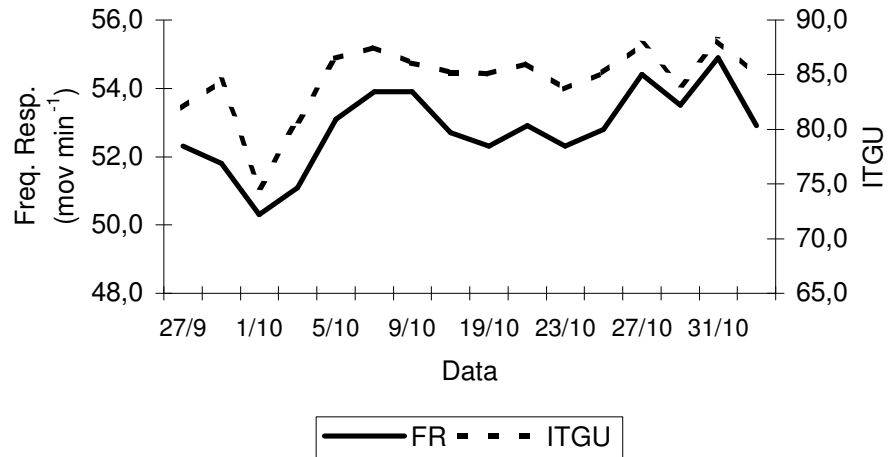


FIGURA 1. Valores médios de frequência respiratória (FR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) nos dias de coleta.

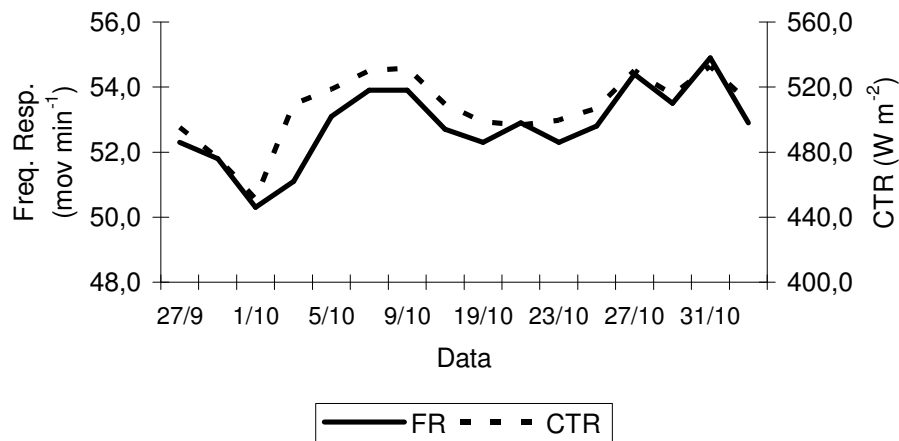


FIGURA 2. Valores médios de frequência respiratória (FR) e carga térmica radiante (CTR) nos dias de coleta.

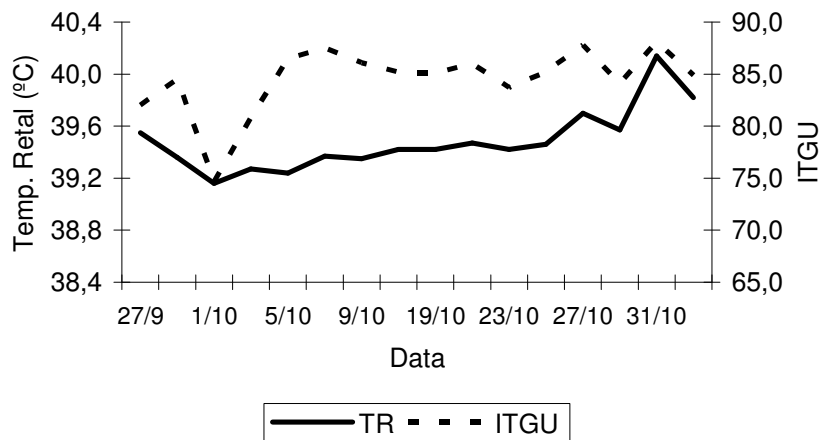


FIGURA 3. Valores médios de temperatura retal (TR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) nos dias de coleta.

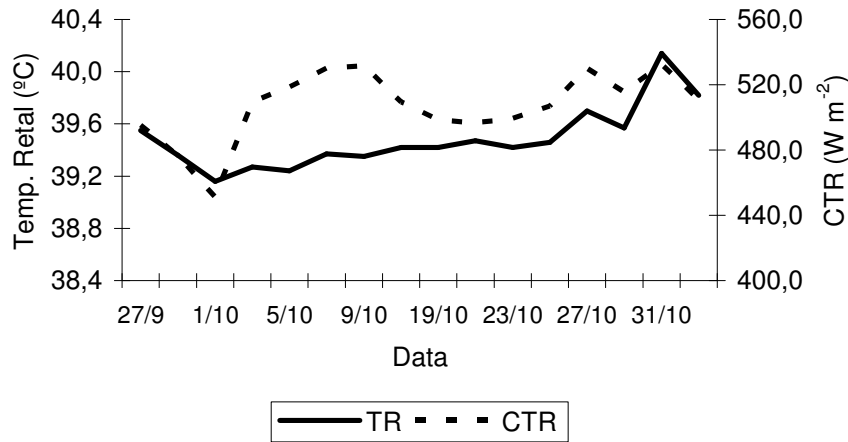


FIGURA 4. Valores médios de temperatura retal (TR) e carga térmica radiante (CTR) nos dias de coleta.

A FR apresentou melhor correlação ( $R$ ) com os índices de conforto térmico ( $R = 87\%$  para os dois índices). O valor de correlação da TR com os dois índices de conforto térmico foi igual a  $23\%$ . Os resultados encontrados estão de acordo com SOUZA et al. (1992), que reportaram menores valores de TR e FR para bezerros alojados em ambientes com menores valores de ITGU e CTR. Os índices de conforto térmico ITGU e CTR, se comparados entre si, apresentaram valores de correlação igual a  $81\%$ , ou seja, ambos apresentaram desempenhos semelhantes no presente estudo e, assim, não se pode afirmar que um índice apresentou melhores resultados que o outro. Em compensação, pode-se inferir, pela diferença no comportamento das variáveis fisiológicas, que os animais estavam em baixo estresse térmico, uma vez que somente FR acompanhou de perto as variações dos índices de conforto térmico. Isso pode ser entendido pelo fato de a alteração na FR ser um mecanismo de adaptação dos animais ao estresse térmico que se manifesta antes da alteração na TR (NÄÄS, 1989).

## CONCLUSÕES

A entalpia, a TGN, a CTR e o ITGU apresentaram resultados apropriados quanto à avaliação do conforto térmico animal, diferenciando adequadamente os tratamentos. Demonstrou-se elevada correlação entre os índices CTR e ITGU no período crítico selecionado.

Os animais em abrigos CSM apresentaram valores menores de temperatura retal e frequência respiratória, se comparados aos animais mantidos em abrigos CSL. Houve correlação elevada entre os valores de FR e os de CTR e ITGU, o que comprova a validade dos índices de conforto térmico escolhidos para a avaliação do estresse de bovinos jovens em instalações individuais.

Os animais apresentaram-se em estado de baixo estresse térmico, uma vez que a FR apresentou maior correlação ( $R = 87\%$ ) com os índices de conforto térmico analisados em comparação à TR ( $R = 23\%$ ).

## REFERÊNCIAS

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; COSTA, O.A.D. Avaliação de coberturas de cabanas de maternidade em sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (Siscal), no verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.6, p.1728-34, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5735: Telha ondulada de fibrocimento*. Rio de Janeiro, 1993. 5 p.



BEDFORD, T.; WARNER, C.G. *The globe temperature in studies of heating and ventilation*. Pittsburg: Industrial Health Research Board, 1934. 7 p.

BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experiment Agriculture*, Collingwood, v.34, n.2, p.285-95, 1994.

BOND, T.E.; KELLY, C.F. *The globe thermometer in agricultural research*. St. Joseph: Agricultural Engineering, 1955. 10 p.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

CAMPOS, O.F. *Criação de bezerras até a desmama*. Coronel Pacheco: CNPGL/EMBRAPA, 1985. 77 p.

ESMAY, M.L. *Principles of animal environment*. Westport: The AVI Publishing Company, 1979. 325 p. (Environmental Engineering in Agriculture and Food Series)

FEHR, R.L.; PRIDY, K.T.; McNEILL, S.G.; OVERHULTS, D.G. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.26, n.4, p.542-5, 1993.

FERREIRA, R. *Comparação de vários materiais de cobertura através dos índices de conforto térmico*. 1993. 49 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia de Ituverava Doutor Francisco Maeda, Fundação Educacional de Ituverava, Ituverava, 1993.

GRAM, H.E.; GUT, P. *Directives pour le controle de qualite*. Saint Gallen: Skat/BIT, 1994. 69 p. (Serie Pedagogique TFM/TVM: Outil 23).

GRANT, R.J.; ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal of Animal Science*, California, v.73, n.9, p.2791-803, 1995.

KELLY, T.G.; DODD, V.A.; RUANE, D.J.; FALLON, R.J.; TUITES, P.J. An assessment of the influence of some housing designs and environmental factors on calf performance. *Journal of Agriculture Research*, New York, v.30, n.2, p.175-84, 1984.

KOENISBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madri: Paraninfo, 1977. 278 p.

MAGALHÃES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TAVARES, A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.70-2.

MARTA FILHO, J. *Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico*. 1993. 159 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

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

NÄÄS, I.A.; SILVA, I.J.O. Técnicas modernas para melhorar a produtividade dos suínos através do controle ambiental. In: INGENIERÍA Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano. 1998, p.464-72.

NÄÄS, I.A.; SEVEGNANI, K.B.; MARCHETO, F.G.; ESPELHO, J.C.C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I.J.O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betume, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.21, n.2, p.121-6, 2001.

PADILHA, J.A.S.; TOLÊDO FILHO, R.D.; LIMA, P.R.L.; JOSEPH, K.; LEAL, A.F. Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.21, n.1, p.1-11, 2001.

RODRIGUES, E.H.V.; NÄÄS, I.A. Avaliação da temperatura nas superfícies internas da envoltória de uma instalação de criação de frangos de corte. *Ciência & Engenharia*, Uberlândia, v.8, n.2, p.138-42, 1999.

SARTOR, V.; BAÊTA, F.C.; ORLANDO, R.C.; LUZ, M.L.; TINÔCO, I.F.F. Efeito de sistemas de resfriamento evaporativo em instalações para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.20, n.2, p.87-97, 2000.

SAVASTANO JÚNIOR, H. Sustainable cement based materials and techniques for rural construction. In: AGRIBUILDING 2001, Campinas. *Proceedings...* Campinas: CIGR/SBEA/UNICAMP/ EMBRAPA, 2001. p.8-27. 1 CD-ROM.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; PIMENTEL, L.L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.1, p.103-10, 2000.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, I.J.O.; LUZ, P.H.C.; FARIA, D.E. Desempenho de alguns sistemas de cobertura para aviários. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.8, n.1, p.1-11, 1997.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; WARDEN, P.G.; COUTTS, R.S.P. Potential of alternative fiber cements as building materials for developing areas. *Cement & Concrete Composites*, Kidlington, v.25, n.6, p.585-92, 2003.

SEVEGNANI, K.B. *Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos em escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte*. 1997. 64 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1994.

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

SOUZA, C.F.; BAÊTA, F.C.; CARDOSO, R.H.; TORRES, R.A. Eficiência de diferentes tipos de bezerreiros, quanto ao conforto térmico, na primavera e no verão em Viçosa - MG. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.1, n.1, p.1-12, 1992. (Série Construções Rurais e Ambiente)

TETRAPAK. Disponível em <<http://www.tetrapak.com.br>>. Acesso em: 14 maio 2003.