

Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará

Heat tolerance index of dairy cows during the rainy and dry seasons in Ceará, Brazil

David Ramos da Rocha^[a], Maria Gorete Flores Salles^[b], Arlindo de Alencar Araripe Noronha Moura^[c], Ailton Alencar de Araújo^[d]

^[a] Zootecnista e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: davidufc@yahoo.com.br

^[b] Médica-veterinária, DSc. pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: mgfsalles@yahoo.com.br

^[c] Engenheiro-agrônomo, DSc., professor associado IV da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: amoura@ufc.br

^[d] Médico-veterinário, DSc., professor adjunto da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Faculdade de Veterinária, Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: aaavet55@gmail.com

Resumo

O estudo avaliou a tolerância ao calor de um rebanho de fêmeas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em região litorânea do estado do Ceará. Foram avaliados os parâmetros ambientais para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e a temperatura retal (TR) para o cálculo do índice de tolerância ao calor (ITC) durante o período chuvoso e seco do ano. Observou-se que os valores da TR encontravam-se dentro da normalidade quando se avaliou os dados médios em ambos os períodos. Os valores médios de temperatura ambiente (TA) estavam superiores à zona de conforto térmico para animais taurinos, com resultados bem próximos do limite máximo para mestiços e zebuínos quando se analisou os dados de máxima no turno da tarde do período seco. Os valores de umidade relativa do ar (UR) mostraram um comportamento inverso à temperatura ambiente, observando-se sempre os maiores valores no período chuvoso, bem como no turno da manhã quando comparado com o turno da tarde, em ambos os períodos. Os valores encontrados para o ITU mostraram condições de ambiente que passaram de críticos para emergenciais quando não se avaliaram somente os dados médios. Ambos os índices de tolerância ao calor mostraram uma menor tolerância ao calor dos animais no período seco do ano. Conclui-se que os animais sofrem com o calor em ambos os períodos, sendo o período seco menos favorável, em que foram verificados valores mais elevados de TR, TA, ITU e menores de ITC.

Palavras-chave: Índice de temperatura e umidade. Índice de tolerância ao calor. Temperatura retal.



doi: 10.7213/academica.7739 ISSN 0103-989X
Licenciado sob uma Licença Creative Commons

Abstract

*This study evaluated the heat tolerance in a herd of dairy crossbred adult cows (*Bos taurus* x *Bos indicus*) from the coastal region of Ceará State, Brazil. Environmental parameters were evaluated to calculate the temperature humidity index (THI) and the rectal temperature (RT) was used to calculate the heat tolerance index (ITC) during the rainy and dry season. Values of rectal temperature were within a normal range considering the average data for both periods analyzed. The average values of air temperature (TA) were above the comfort zone for taurine animals when analyzing the data for afternoons of the dry season, with results very close to the limit for crossbred and zebu. The values of relative humidity (RH) showed an inverse behavior in comparison to the temperature, where the highest values were observed in the mornings of the rainy season. The values calculated for THI showed that environmental conditions changed from critical to emergency when not only the average data was evaluated. Both indices of heat tolerance (ITC) show a low heat tolerance of animals in the dry season. Therefore, it can be concluded that animals suffer with the heat in both periods, where the dry period is less favorable to the animals with higher values of TR, AT, ITU and lower values of ITC.*

Keywords: *Temperature humidity index. Heat tolerance index. Rectal temperature.*

Introdução

Em busca de melhores índices de lucratividade, muitos produtores de leite de regiões tropicais têm optado pela aquisição de animais especializados oriundos de regiões de clima temperado. Contudo, essa estratégia pode, muitas vezes, não proporcionar os efeitos almejados graças à baixa adaptabilidade às condições dos trópicos, nos quais os fatores ambientais geralmente não se compatibilizam com a amplitude ideal de conforto térmico para a ótima eficiência de desempenho dos animais (PEREIRA et al., 2008).

A utilização de grupos genéticos potencialmente mais produtivos pode desencadear alterações comportamentais, endócrinas e fisiológicas (SILVA et al., 2002) como redução do consumo de alimentos, mudanças na taxa metabólica e aumentos no consumo de água (DIKMEN; HANSEN, 2009; SILANIKOVE; SHAPIRO; SHINDER, 2009) e da temperatura corporal que irão afetar a produção de leite. Quando os animais são expostos a temperaturas ambientes elevadas, estão sujeitos à hipertermia, e os mecanismos termorreguladores de perda de calor são requeridos para manter a sua homeotermia, mantida pelo equilíbrio entre termólise e termogênese. Assim sendo, para avaliar o equilíbrio de ganho e perda de calor, alguns parâmetros fisiológicos podem ser utilizados, e dentre estes a temperatura retal é provavelmente o mais indicativo do estresse térmico (HANSEN, 2004), uma vez que um acréscimo nessa variável fisiológica é reflexo de falhas ou esgotamento dos mecanismos evaporativos ou não evaporativos de

perda de calor, que variam conforme os valores de temperatura do ar e umidade relativa. Outros parâmetros podem ser utilizados, como o índice de temperatura e umidade (ITU) obtido por meio da temperatura do ar e umidade relativa do ar, que permite avaliar e estimar a intensidade de conforto ambiental, além do índice de tolerância ao calor (ITC), que mostra o quão tolerante é o animal frente às adversidades do meio, avaliado pelos valores de temperatura retal.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a tolerância ao calor de fêmeas leiteiras mestiças durante o período chuvoso e seco do ano, por meio de parâmetros ambientais (temperatura do ar e umidade relativa do ar) e fisiológicos (temperatura retal), utilizando os índices de temperatura e umidade e de tolerância ao calor.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido em região litorânea do estado do Ceará, Brasil, localizada à latitude de 3°53' 53,2" Sul e longitude de 38°34' 34,2" Oeste de clima quente e úmido. Foram utilizadas 20 fêmeas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) com idade média de 5 anos e peso médio de 450 kg com pelagem malhada de preto e branco, com predominância da cor negra e a pele despigmentada.

Os animais foram mantidos em sistema semi-intensivo de criação, estabulados com acesso livre à água, sombra e mistura mineral. A dieta fornecida

aos animais durante a manhã (7h) e a tarde (15h) foi composta de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e ração concentrada à base de milho e farelo de soja com 18% de proteína bruta, adicionada de sais e calcário. As temperaturas retais foram aferidas com termômetro clínico veterinário duas vezes por dia com os animais estabulados, nos turnos da manhã (7h) e da tarde (15h), durante os períodos chuvoso (março, abril e maio) e seco (setembro, outubro e novembro).

Os dados climáticos referentes aos parâmetros de temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), foram obtidos diretamente da Fundação Cearense de Meteorologia (Funceme). Para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) foi utilizado o modelo proposto por Thom (1959): $ITU: (0,8 \times T + (UR (\%) / 100) \times (T - 14,4) + 46,4)$, em que: T = temperatura ambiente (°C) e UR = umidade relativa do ar (%). Os índices de tolerância ao calor (ITC) foram calculados diariamente durante os meses conforme a seguir:

Índice de Ibéria

$ITC = 100 - 18 (tm - 38,33)$, em que:

tm: temperatura retal média

Índice de Baccari Jr.

$ITC = 10 - (tr2 - tr1)$, em que:

tr2: temperatura retal ao sol;

tr1: temperatura retal à sombra.

Para os valores de temperatura retal à sombra e ao sol, foram consideradas as medidas no turno da manhã (7h) e no turno da tarde (15h), respectivamente.

Índice de Rauchenbach - Yerokhin

$ITC = (1,2 \times ta) - (20 \times d) + 52$, em que:

ta: temperatura do ar (°C)

d: diferença entre as temperaturas retais medidas pela manhã (7h) e à tarde (15h).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Systat versão 12, no qual o parâmetro fisiológico (temperatura retal) e os climáticos (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) foram expressos em médias e desvio padrão mensalmente e avaliados por Anova utilizando o modelo GLM (General Linear Model). Em seguida, as comparações entre os períodos (chuvoso e seco) do ano foram

avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram feitas correlações simples de Pearson entre as variáveis climáticas (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) e os parâmetros de índice de temperatura e umidade, índice de tolerância ao calor e temperatura retal. Animais com problemas reprodutivos e de sanidade (febre, doenças ou processos inflamatórios) não foram utilizados neste estudo.

Resultados

Os dados de temperatura ambiente (TA) mostram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores médios entre os turnos dentro do período com valores máximos sempre encontrados no turno da tarde registrando seu valor máximo no período seco com diferença ($p < 0,05$) entre os turnos e períodos. Os menores valores de TA mínima foram registrados sempre pela manhã em ambos os períodos, porém, com maior valor no período seco. Para os dados de TA máxima, sempre os maiores valores foram registrados no turno da tarde e no período seco com o maior valor de 33,3 °C. Os valores médios diários da temperatura ambiente mostram diferenças médias significativas ($p < 0,05$) entre os turnos da manhã e da tarde em ambos os períodos (Tabela 1).

Os valores médios de umidade relativa do ar (UR) foram diferentes ($p < 0,05$) entre os turnos e períodos. O período chuvoso registrou os maiores valores de umidade relativa do ar com seu máximo valor médio (89,9%) registrado pela manhã. Já no período seco, embora com valores de UR mais baixos, ainda registrou-se nos turnos da manhã e tarde valores médios de 72,9% e 44%, respectivamente (Tabela 1). O padrão de evolução diária da umidade relativa do ar é também inverso ao da temperatura ambiente, apresentando a maior média percentual no turno da manhã comparativamente ao turno da tarde em ambos os períodos com diferenças significativas ($p < 0,05$). Observa-se que o pico da temperatura ambiente ocorre no período de 13 às 14 horas que coincide com o mínimo de umidade relativa do ar, mostrando, assim, uma evolução inversa em relação à temperatura ambiente (Gráfico 1).

Em relação aos valores médios do índice de temperatura e umidade (ITU) constatou-se diferenças ($p < 0,05$) entre os turnos em ambos os períodos. Comparando-se os turnos (manhã e tarde) foi

observada diferença significativa ($p < 0,05$) para o ITU em ambos os turnos. Os maiores valores médios de ITU foram registrados no turno da tarde com o maior valor encontrado no período seco, com diferença ($p < 0,05$) para o mesmo turno do período chuvoso, não havendo diferença ($p > 0,05$)

quando comparados ao turno da manhã dos períodos chuvoso e seco (Tabela 1). Isso pode ser explicado pelo aumento da temperatura ambiente nestes turnos e períodos, uma vez que apresenta uma correlação alta e positiva ($r = 0,89$; $p < 0,05$) com essa variável, enquanto que, com a umidade relativa do ar

Tabela 1 - Temperatura retal de vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*), temperatura ambiente, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade no período chuvoso e seco em região litorânea do estado do Ceará

Período	Turno		TR (°C)	TA (°C)	UR (%)	ITU
Chuvoso	Manhã	Média	38,5 ± 0,5 ^{aA}	24,5 ± 0,8 ^{aA}	89,9 ± 3,2 ^{aA}	75,0 ± 1,2 ^{aA}
		Máx.	40,0	26,1	94,6	77,6
		Mín.	38,0	22,1	78,2	71,4
	Tarde	Média	39,0 ± 0,6 ^{bB}	27,8 ± 2,2 ^{bC}	74,7 ± 10,6 ^{bC}	78,5 ± 2,2 ^{bB}
		Máx.	41,0	30,9	93,5	82,7
		Mín.	38,0	23,1	56,5	73,1
Seco	Manhã	Média	38,5 ± 0,5 ^{aA}	25,7 ± 0,8 ^{aB}	72,9 ± 5,2 ^{aB}	75,2 ± 0,9 ^{aA}
		Máx.	40,0	27,1	84,3	76,8
		Mín.	38,0	24,1	62,9	72,4
	Tarde	Média	39,2 ± 0,5 ^{bC}	32,5 ± 1,1 ^{bD}	44,0 ± 6,5 ^{bD}	79,9 ± 0,8 ^{bC}
		Máx.	42,0	33,3	63,2	80,5
		Mín.	38,0	28,3	27,3	76,9

Legenda: TR = temperatura retal; TA = temperatura ambiente; UR = umidade relativa do ar; ITU = índice de temperatura e umidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Letras iguais na coluna não diferem entre si ($p > 0,05$); letras minúsculas mostram diferenças dentro do período entre os turnos; letras maiúsculas mostram diferenças entre os períodos e entre os turnos.

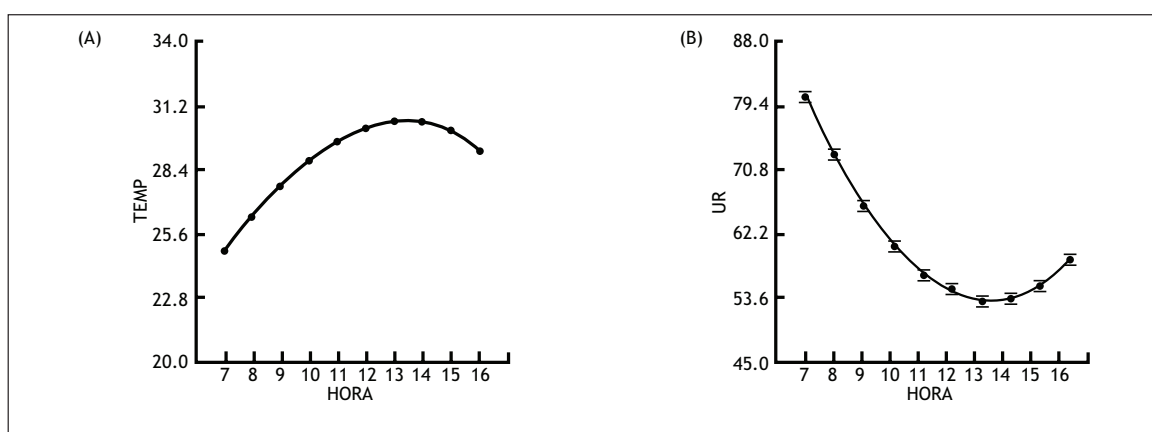


Gráfico 1 - Evolução diária da temperatura ambiente (A) e da umidade relativa do ar (B) das medições mensais das horas no período de 7h às 16h (Ceará - Brasil)

Fonte: Dados da pesquisa.

apresenta uma correlação negativa ($r = -0,67$; $p < 0,05$). Analisando-se os dados mínimos, observa-se que o ITU foi menor no período chuvoso e no turno da manhã. Para os dados de máxima, os maiores valores de ITU foram encontrados no período chuvoso e no turno da tarde, atingindo o seu máximo de 82,7.

Com relação à temperatura retal (TR) dos animais, observam-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os turnos dentro do mesmo período, em que os maiores valores são observados no turno da tarde e os menores no turno da manhã em ambos os períodos. Tal comportamento diário da TR não é reflexo apenas do ritmo circadiano, uma vez que este estudo foi realizado em região de clima tropical, que é caracterizado por apresentar temperaturas ambientais elevadas em grande parte do ano (média de 27 °C, com máximas variando de 31 a 34 °C) (Instituto Nacional de Meteorologia). Essas condições climáticas têm efeito direto sobre os animais, como observado por diversos autores trabalhando em clima tropical (DAMASCENO; BACARI; MARTELLO et al., 2004; NÃÃS; ARCARO JÚNIOR, 2001; TAKGA, 1998).

Entretanto, quando se comparam os valores máximos, verifica-se um aumento dos valores de temperatura retal nos turnos da tarde em ambos os períodos, com máximo valor no período seco, o que pode ser explicado pelo fato da TR apresentar correlações médias e positivas com o ITU ($r = 0,47$; $p < 0,05$) e TA ($r = 0,56$; $p < 0,005$) e negativa com a UR ($r = -0,53$; $p < 0,05$). Além disso, a TR correlaciona-se melhor com a TA ($r = 0,71$; $p < 0,05$) e ITU ($r = 0,69$; $p < 0,05$) durante o período seco. Em ambos os índices de tolerância ao calor ocorre um comportamento semelhante, mostrando diferenças ($p < 0,05$) entre os períodos estudados. Observa-se que o período seco do ano é menos favorável aos animais, pois estes apresentaram maiores valores

de temperatura retal, principalmente quando se avalia os dados de máxima que é refletido nos menores valores de tolerância ao calor (Tabela 2).

Pode-se observar na Tabela 3 que os índices de Baccari Jr. e de Rauschenbach-Yerokhin apresentaram correlações médias e negativas ($p < 0,05$) com a TR e baixas com os parâmetros de ambiente no período chuvoso. No período seco, as correlações são baixas e negativas com os dados de TR, TA e ITU, mostrando correlação positiva com a UR. O índice de Ibéria é o único que apresenta correlação elevada e negativa com a TR ($r = 0,99$; $p < 0,05$) em ambos os períodos mostrando melhor correlação, quando comparado com os outros índices.

Discussão

De acordo com Souza et al. (2010), todos os valores de temperatura ambiente observados durante os períodos seco e chuvoso superaram os limites da zona de conforto térmico em torno de 0-16 °C para animais taurinos. Para animais mestiços, os valores mínimos de temperatura ambiente não superaram os valores limites entre 5-31 °C, porém, para zebuínos, o limite de 10-27 °C foi ultrapassado em 1,3 °C no turno da tarde do período seco. Além disso, ao se avaliarem os valores máximos de temperatura ambiente, verifica-se que estes foram superiores aos limites de conforto térmico citados para taurinos, mestiços e zebuínos durante os períodos estudados, principalmente, no turno da tarde em que os valores máximos de temperatura ambiente estiveram próximos do limite crítico para zebuínos que é de 35 °C (PEREIRA, 2005). Quando o animal está fora da sua zona de termoneutralidade, suas funções produtivas podem ser prejudicadas em

Tabela 2 - Variações mensais médias dos índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças segundo Baccari Jr., Rauschenbach-Yerokhin e Ibéria, nos períodos chuvoso e seco em região litorânea do estado do Ceará

	Baccari Jr.	Rauschenbach - Yerokhin	Ibéria
		Período Chuvoso	
x ± s	9,4 ± 0,40A	72,2 ± 7,69A	91,0 ± 4,83A
		Período Seco	
x ± s	8,8 ± 0,39B	63,8 ± 7,84B	86,1 ± 4,17B

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: letras diferentes na coluna diferem entre si ($p < 0,05$).

favor da sua sobrevivência (NEIVA, 1998). Isso mostra a importância de se entenderem as variações de temperatura ambiente, uma vez que os valores entre os turnos dentro do mesmo período mostraram que, durante o dia ou em algum momento deste, os animais podem encontrar-se dentro ou fora da sua zona de conforto térmico, sendo necessária ou não a mobilização dos seus mecanismos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais.

O acompanhamento anual e diário dessa variável ambiental é fundamental para definição do período mais favorável ao bem-estar do animal e, assim, sugerir e aplicar estratégias de manejo adequadas. Contudo, avaliá-esse parâmetro isoladamente pouco reflete os reais efeitos sobre o animal (SILVA, 2000). Esses valores elevados não só de temperatura ambiente, bem como de umidade relativa do ar, atuam negativamente na produção de leite e na reprodução (HANSEN, 2007).

A elevada umidade relativa do ar, que pode ser explicada pelo fato de a região apresentar densa vegetação arbórea e arbustiva, pode ter contribuído também para os elevados valores máximos de umidade relativa do ar durante o período seco, sendo prejudicial ao animal no tocante à perda de calor para o ambiente, especificamente nos mecanismos não evaporativos (condução, convecção e irradiação) que se tornam ineficientes (SILVA, 2002). Isso pode ser confirmado por Souza et al. (2010) ao afirmarem que o efeito do estresse térmico é agravado pela umidade excessiva, pois a forma insensível de dissipação de calor, por meio da evapotranspiração, é regulada pela umidade que, ao se elevar, compromete esse mecanismo. Uma diminuição no percentual de umidade relativa do ar ocorre tão logo aconteça um saldo positivo de radiação, logo pela manhã e até o fim do dia, voltando a aumentar quando o saldo de radiação torna-se negativo. Isso se deve ao fato de que, nas primeiras horas do dia, ocorre um aumento gradativo na temperatura ambiente, em virtude de um aumento na radiação solar direta, com a respectiva diminuição da umidade relativa do ar (TUBELIS; NASCIMENTO, 1992).

O conforto térmico de várias espécies de animais não depende somente de variáveis ambientais, ou mesmo de avaliações isoladas da temperatura ambiente, umidade relativa do ar e radiação, entre outros. O efeito combinado desses parâmetros pode predizer o nível de conforto térmico

a que os animais estarão submetidos (DIKMEN; HANSEN, 2008). Segundo Hahn (1985), os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) apresentados revelam que as médias indicam uma condição de ambiente crítica (71-78) durante os turnos (manhã e tarde) em todos os períodos (chuvoso e seco), com valor muito próximo de perigo (79-83) nos turnos da tarde do período chuvoso e, em condição de perigo, no mesmo turno durante o período seco. Os dados de máxima do ITU mostram que a condição ambiental passa de crítica a perigosa no turno da tarde do período seco, atingindo o valor de emergência à tarde no período chuvoso, enquanto que os dados de mínima do ITU, em ambos os períodos (chuvoso e seco) e turnos (manhã e tarde), apresentam uma situação crítica de conforto térmico. Entretanto, Johnson (1987) relata que os valores médios encontrados estão dentro do limite do ITU como condições ambientais amenas (72-79) com exceção ao valor médio do turno da tarde do período seco que está próximo ao estresse ambiental do tipo moderado (80-89). Para os valores máximos do ITU, o estresse é moderado com maior índice registrado no turno da tarde durante o período chuvoso.

Como consequência dos elevados valores do índice de temperatura e umidade (ITU), têm sido relatados problemas tanto na produção de leite (ARCARO et al. 2003; KLOSOWSKI et al. 2002; LEBLANC, 2010), quanto na atividade reprodutiva dos animais (DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003; FLAMENBAUM; GALON, 2010; GARCÍA-ISPIERTO et al., 2006; TORRES-JÚNIOR et al., 2008; LÓPEZ-GATIUS, 2003; COSTA E SILVA et al., 2010). Os resultados mostram que existe uma ampla variação de interpretações das ideais condições ambientais para os animais. Entretanto, avaliar somente os valores médios pode mostrar condições irreais de ambiente, uma vez que os dados de máxima e de mínima mostraram outra condição de conforto térmico dentro do mesmo mês. Dessa forma, o fornecimento de sombra natural ou artificial, água em abundância e de boa qualidade e o não fornecimento de alimentos nas horas mais quentes do dia são estratégias de manejo que podem ser sugeridas, principalmente quando as condições ambientais forem emergenciais.

Os dados médios de temperatura retal (TR) estão dentro da faixa considerada normal para bovinos (HANSEN, 2004; PEREIRA, 2005; SOUZA et al., 2010). Porém, quando se analisa comparativamente

os dados médios do índice de temperatura e umidade (ITU), observa-se uma condição crítica de ambiente e até de perigo e emergência quando se analisam os dados máximos. Isso mostra que, no período de transição climática, os animais sofrem mais para manter a sua homeotermia. Pequenas mudanças no ambiente com relação aos dados de temperatura ambiente e umidade relativa do ar são significativas em promover alterações fisiológicas nos animais, prejudicando o processo de termólise, refletida no aumento da temperatura retal, frequentemente utilizada como um parâmetro fisiológico de adaptabilidade em ambientes quentes, pois seu aumento revela a ineficiência dos mecanismos termorreguladores em manter a homeotermia. Segundo Hansen (2004), a temperatura corporal normal da vaca está em torno de 38,5 °C e acréscimos de 0,5 °C provocam declínio na taxa de concepção de 12,8%, reduzindo o consumo de alimentos (CONSTANZO et al., 1997) com efeitos diretos na lactação seguinte. No decorrer do dia, a temperatura retal apresenta uma tendência de elevação variando de 38,5 °C no turno da manhã para 39,2 °C à tarde ($p < 0,05$). Segundo Bianca (1961), os valores médios de temperatura retal indicam que os animais que estavam em situação de estresse brando, em ambos os períodos no turno da manhã, não apresentaram mudança significativa, uma vez que os mecanismos termorregulatórios foram eficientes em manter a temperatura corporal na faixa de normalidade.

Portanto, falhas no processo de termólise elevam a temperatura retal como pode ser visto nos dados médios, nos turnos da tarde, e nos valores de máxima, podendo levar os animais a uma condição de estresse moderado a severo. Esse comportamento diário, no qual se admite que a TR sofre interação com a hora do dia com maiores valores no turno da tarde em relação à manhã, dialoga com o relatado por outros autores (MARTELLO et al., 2004; NAAS; ARCARO JÚNIOR, 2001). Azevedo et al. (2005) consideram que a TR com valor superior a 39,2 °C é um indicativo de estresse por calor. Assim, ao se comparar com os resultados apresentados, verifica-se que as temperaturas retais se encontram acima da faixa ideal nos valores médios e máximos durante o turno da tarde em ambos os períodos.

O animal é dito tolerante ao calor quando consegue manter sua homeotermia em condições de

temperaturas ambiente elevadas, sendo essa tolerância avaliada pelos valores de temperatura retal. Embora diversos estudos tenham mostrado o uso desses índices de tolerância ao calor na avaliação de raças mais tolerantes ao clima tropical (SOUZA et al., 2010), a avaliação dos índices é contraditória, como pode ser visto na Tabela 2. Os índices de Rauschenbach-Yerokhin e de Ibéria possuem escala de 0-100, indicando que quanto mais próximo de 100, o animal é mais tolerante ao calor; mostrando, contudo, condições diferentes de tolerância dentro do mesmo período. Nesse sentido, correlações de tais índices foram feitas com parâmetros ambientais e de temperatura retal (Tabela 3), e os resultados mostram que o índice de Ibéria provavelmente seja o mais confiável para medir a tolerância ao calor dos animais, pois mostra correlação alta e negativa com a temperatura retal, apresentando valores de correlações muito próximos aos observados por Dikmen e Hansen (2008).

Em virtude do ambiente climático em que o experimento foi conduzido, observou-se que os animais estavam sujeitos a diversas condições de estresse térmico potencial, estando fora das suas respectivas zonas de conforto. Em ambos os períodos, o turno da tarde apresentou um menor conforto aos animais quando comparados ao turno da manhã. O período seco mostrou-se menos favorável aos animais, uma vez que apresentou valores mais elevados de temperatura retal, mesmo quando foram avaliadas somente as médias de temperatura ambiente e do índice de temperatura e umidade, com os menores valores de índice de tolerância ao calor.

Conclusões

Os valores médios das variáveis estudadas não são confiáveis para a avaliação da tolerância ao calor dos animais, pois as condições críticas de ambiente aparecem quando se avaliam os valores máximos de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, índice de temperatura e umidade e temperatura retal.

A avaliação associada do índice de temperatura e umidade e do índice de tolerância ao calor poderá se constituir uma ferramenta eficiente para identificação de estresse térmico em nível de rebanhos e o índice de Ibéria mostrou-se o mais adequado, pois mostrou melhor correlação com a temperatura retal.

Tabela 3 - Correlações dos índices de tolerância ao calor (ITC) com parâmetros ambientais (temperatura ambiente e umidade relativa do ar), índice de temperatura e umidade e temperatura retal no período chuvoso e seco do Ceará

Período	ITC	TR	TA	UR	ITU
Chuvoso	Baccari Jr.	-0,606 p : 0.000	-0,386 p : 0.030	0,410 p : 0.015	-0,327 p : 0.138
	Rauschenbach-Yerokhin	-0,587 p : 0.000	-0,220 ns	0,276 p : 0.416	-0,168 ns
	Ibéria	-0,994 p : 0.000	-0,260 p : 0.561	0,395 p : 0.023	-0,167 ns
Seco	Baccari Jr.	-0,268 ns	-0,157 ns	0,066 ns	-0,210 ns
	Rauschenbach-Yerokhin	-0,255 ns	-0,034 ns	-0,034 ns	-0,119 ns
	Ibéria	-0,994 p : 0.000	-0,127 ns	-0,036 ns	-0,240 ns

Fonte: Dados da pesquisa.

Referências

- ARCARO, I. et al. Efeitos da climatização em sala de espera sobre as variáveis fisiológicas e produtivas de vacas em lactação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 60, n. 2, p. 173-177, 2003.
- AZEVEDO, M.; MARI PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M. et al. 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BIANCA, W. Heat tolerance in cattle its concepts: measurement and dependence on modify factors. **International Journal of Biometeorology**, v. 5, n. 1, p. 5-30, 1961.
- COSTA E SILVA, E. V. et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 280-291, 2010.
- CONSTANZO, D. A.; SPAIN, N. J.; SPIERS, E. D. Supplementation of nicotinic for lactating Holstein cows under heat stress conditions. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 6, p. 1200-1206, 1997.
- DAMASCENO, J. C.; BACCARI JR, F.; TARGA, L. 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.
- DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, J. R. Heat Stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139-1151, 2003.
- DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009.
- FLAMENBAUM, I.; GALON, N. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. **Journal of Reproduction and Development**, v. 56, p. S36-S41, 2010.
- GARCÍA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P. et al. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 65, n. 4, p. 52-145, 1985.
- HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences. In: YOUSEF, M. K. **Stress physiology**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 52-142, v. 2.
- HANSEN, J. P. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82-83, p. 349-360, 2004.
- HANSEN, P. J. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. **Theriogenology**, v. 68, supl. 1, p. S242-S249, 2007.

- JOHNSON, H. D. **Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production**: bioclimatology and the adaptation of livestock. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1987. p. 35-57.
- KLOSOWSKI, S. E. et al. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá, PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.
- LEBLANC, S. Assessing the association of the level of milk production with reproductive performance in dairy cattle. **Journal of Reproduction and Development**, supl. 56, p. 1-7, 2010.
- LÓPEZ-GATIUS, F. Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. **Theriogenology**, v. 60, n. 1, p. 89-99, 2003.
- MARTELLO, L. S. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesa em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.
- NAAS, I. A.; ÁRCARO JUNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 139-142, 2001.
- NEIVA, S. R. **Produção de bovinos leiteiros**. Lavras: UFLA, 1998.
- PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.
- PEREIRA, A. M. et al. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, n. 3, p. 199-208, 2008.
- SILVA, G. R. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000.
- SILVA, I. J. O. 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.
- SILANIKOVE, N.; SHAPIRO, F.; SHINDER, D. Acute heat stress brings down milk secretion in dairy cows by up-regulating the activity of the milk-borne negative feedback regulatory system. **BMC Physiology**, p. 9-13, 2009.
- SOUZA, B. B. et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 60, p. 12-57, 1959.
- TORRES-JÚNIOR, J. R. S. et al. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 69, n. 2, p.155-166, 2008.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.

Recebido: 19/07/2012

Received: 07/19/2012

Aprovado: 16/11/2012

Approved: 11/16/2012