

Determinação dos parâmetros fisiológicos, gradiente térmico e índice de tolerância ao calor em diferentes raças de caprinos*

Luís Fernando Dias Medeiros¹⁺, Victor Cruz Rodrigues¹, Debora Helena Vieira², Sabrina Luzia Grégio de Souza³, Otávio Cabral Neto³, Carlos Augusto de Oliveira¹, Liliam de Almeida da Silva⁴, Natália de Figueiredo⁵ e Stephanie Favato de Azevedo⁵

ABSTRACT. Medeiros L.F.D., Rodrigues V.C., Vieira D.H., Souza S.L.G. de, Neto O.C., Oliveira C.A., Silva L. de A. da S., Figueiredo N. de & Azevedo S. F. de. [Determination of the physiologic parameters, thermal gradient and index of heat tolerance in different breeds of goats.] Determinação dos parâmetros fisiológicos, gradiente térmico e índice de tolerância ao calor em diferentes raças de caprinos. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 37(4):275-285, 2015. Departamento de Reprodução e Avaliação Animal, Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 Km 7, Seropédica, RJ 23851-970, Brasil. E-mail: diasmedeiros@yahoo.com.br

The aim of this study was to evaluate the adaptation of different exotic breeds of goats through the physiologic responses of rectal temperature (RT), superficial temperature (ST), respiratory frequency (RF), cardiac frequency (CF), and the gradient between RT and ST, and the ST and air temperature (AT) and the heat tolerance index (HTI) by Baccari Junior, under the conditions of hot and humid climate of the Baixada Fluminense, South East Region of Brazil. Forty eight goats were used, being twelve animals of each breed: Saanen, Alpine (european origin), Anglo-nubian and Boer (african origin), between 24 and 30 months of age with medium weight of 50 kg, maintained in intensive system. There were significant difference in the RT, ST, RF and CF between breeds, by morning ($P<0.05$) and afternoon ($P<0.01$). The RT, ST, RF and CF of the animals range significant ($P<0.01$) between the shifts (morning and afternoon) and days, with significant interaction ($P<0.01$) between morning and afternoon and days, by consequence of the variation of AT. It was found the RT, ST, RF and CF of Saanen and Alpine goats were more higher ($P<0.05$) by morning ($P<0.01$) and by afternoon in comparison with Anglo-nubian and Boer goats. There was significant effect ($P<0.05$) between shifts (morning and afternoon) and breed for the termic gradient (RT-ST). The african breeds average showed more higher in both shifts in comparison as the european breeds. There were significant difference ($P<0.05$) between breeds for termal gradient (ST-AT). By the application of HTI, the Anglo-nubian and Boer breeds showed the HT higher (9.63 and 9.65) than the Saanen and Alpine breeds (8.89 and 8.91), respectively. The breeds of african origin (Anglo-nubian and Boer) showed more heat tolerance than the breeds of european origin (Saanen and Alpine) by HT. The breeds of european origin reveal more sensitive to termal stress. The african breeds showed more

*Recebido em 1 de junho de 2013.

Aceito para publicação em 26 de maio de 2014.

¹ Zootecnista, Departamento de Reprodução e Avaliação Animal, Instituto de Zootecnia (IZ), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR 465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000, Brasil. *Autor para correspondência, E-mail: diasmedeiros@yahoo.com.br

² Zootecnista, Departamento de Farmacologia e Toxicologia (DFT), Instituto Nacional de Controle da Qualidade em Saúde (INCQS)/FIOCRUZ, Avenida Brasil, nº 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ 21040-360, Brasil. E-mail: debora.vieira@incqs.fiocruz.br

³ Zootecnista, Departamento de Produção Animal, IZ, UFRRJ, BR 465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000.

⁴ Discente, Curso de Graduação em Zootecnia, UFRRJ, BR 465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000.

⁵ Discente, Curso de Graduação em Medicina Veterinária, UFRRJ, BR 465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000.

capacity for maintained the homeothermy. So, the use of Anglo-nubian and Boer breeds to increase the goats productivity under the conditions of hot and humid climate of the Baixada Fluminense, Rio de Janeiro State, can be advised.

KEY WORDS. Heat stress, index of heat tolerance, physiologic parameters, thermal comfort, thermal gradient.

RESUMO. Objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento de diferentes raças exóticas de caprinos mediante respostas fisiológicas da temperatura retal (TR) e superficial (TS), frequência respiratória (FR) e cardíaca (FC), do gradiente térmico entre temperatura retal e a superficial (TR-TS), da temperatura superficial e temperatura ambiente (TS-TA) e do índice de tolerância ao calor (ITC) de Baccari Júnior, sob as condições de clima quente e úmido da Baixada Fluminense, Região Sudeste do Brasil. Foram utilizadas 48 cabras adultas, sendo 12 animais de cada raça: Saanen, Parda Alpina (tronco europeu), Anglo-nubiana e Boer (tronco africano), manejadas em regime intensivo. Houve diferença na TR, TS, FR e FC entre as raças, pela manhã ($P<0,05$) e à tarde ($P<0,01$). A TR, TS, FR e FC dos animais variaram significativamente ($P<0,01$), entre o turno (manhã e tarde) e dias, dando uma interação significativa ($P<0,01$) entre manhã e tarde e dias, como consequência de variações na temperatura ambiente. Verificou-se que a TR, TS, FR e FC nas cabras Saanen (SA) e Parda Alpina (PA) foram mais elevadas ($P<0,05$) pela manhã e ($P<0,01$) à tarde em comparação à Anglo-nubiana (AN) e Boer (BO). Houve efeito significativo ($P<0,05$) entre turno e raça para o gradiente térmico (TR-TS). As raças do tronco africano obtiveram as médias mais elevadas nos dois turnos em comparação às do tronco europeu. Houve diferença significativa ($P<0,05$) entre raças para o gradiente térmico (TS-TA). As raças do tronco africano obtiveram as médias mais baixas nos dois turnos. Pela aplicação do ITC, cabras das raças AN e BO exibiram o ITC mais alto (9,63 e 9,65) e as das raças SA e PA os mais baixos (8,89 e 8,91), respectivamente. Os caprinos das raças AN e BO revelaram-se mais tolerantes ao calor do que a SA e PA pelo ITC. As raças de origens europeias revelaram-se mais sensíveis ao estresse térmico. Os africanos conseguiram manter temperatura corporal em níveis aceitáveis fisiologicamente. Assim, a utilização das raças AN e BO para incrementar a produtividade caprina em clima quente e úmido da Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro, pode ser aconselhada.

PALAVRAS-CHAVE. Conforto térmico, estresse calórico, gradiente térmico, índice de tolerância ao calor, parâmetros fisiológicos.

INTRODUÇÃO

Na medida em que a temperatura ambiente aumenta a eficiência da perda de calor sensível diminui, em razão do menor gradiente de temperatura entre a pele do animal e a do ambiente. Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio de vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele; no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor insensível ou latente.

A temperatura da pele pode variar independentemente da temperatura retal, pois além de estar relacionada a condições fisiológicas como vascularização da pele e taxa de sudação, por ser uma temperatura de superfície; depende principalmente de fatores externos de ambiente como temperatura e umidade do ar, radiação solar e vento (Santos et al. 2005, Souza et al. 2008, Roberto et al. 2014).

O aumento da perda de calor cutâneo como resposta imediata à elevação da temperatura da pele pode ser mais importante nos caprinos que nos bovinos, pois por serem de menor tamanho expõem à radiação uma maior área de superfície em relação à massa do seu corpo (Oliveira 2007, Medeiros et al. 2007).

Quando o equilíbrio entre a perda e o ganho de energia térmica fica comprometido, parte do calor gerado metabolicamente se acumula. Este processo pode ser revertido pela redução do metabolismo, tendo como consequência uma restrição na energia destinada à produção, por ser esta utilizada prioritariamente no processo de termorregulação (Aiura et al. 2010). Por outro lado, o aumento do metabolismo vem em resposta à necessidade dos animais, seja pelo crescimento, produção ou termorregulação.

Em ambiente tropical, normalmente, a temperatura do ar tende a ser próxima ou maior que a corporal, tornando ineficazes as termólises por condução, convecção e radiação. Desse modo o mecanismo de termólise considerado mais eficaz é o evaporativo, por não depender do diferencial de temperatura, tal como da perda de calor sensível, mas sim do diferencial de pressão de vapor entre a atmosfera e a superfície (Aiura et al. 2010).

A introdução de animais especializados no Brasil tem sido uma das maneiras para aumentar

a produtividade da caprinocultura, introduzindo melhor potencial genético aos rebanhos. Contudo, o clima tem sido um dos fatores regionais que mais influenciam na adaptação da nova prevalência genética com a introdução de raças exóticas (principalmente as de origens europeias) em um país tropical, pois em seus países de origem, geralmente, a temperatura do ar apresenta, na maior parte do ano, valores mais baixos que a temperatura do corpo do animal. Nestes casos os animais perdem uma quantidade excessiva de calor (via evaporativa) para o ambiente, para manter a temperatura corporal em níveis aceitáveis fisiologicamente, podendo efetivamente comprometer o desempenho produtivo, decorrente dos efeitos dos agentes diretos e indiretos do clima e das suas interações do ambiente reinante.

Pesquisas referentes às condições climáticas associadas com estudos de parâmetros fisiológicos, como temperatura retal, temperatura superficial, frequência respiratória e cardíaca são importantes para se conhecer a adaptabilidade dos animais criados em determinada região, servindo para comparar diferentes raças ou grupos genéticos de caprinos (Medeiros et al. 2002, Santos et al. 2005, Souza et al. 2008, Rocha et al. 2009, Roberto et al. 2014).

Segundo Baccari Júnior (1990), as avaliações de adaptabilidade dos animais podem ser realizadas por meio de testes de adaptabilidade fisiológica e ou desempenho. Baccari Júnior et al. (1986) utilizaram o índice de tolerância ao calor (ITC) que se baseia na capacidade de dissipação de calor dos animais após exposição à radiação solar direta.

Objetivou-se com este trabalho determinar a temperatura retal, temperatura superficial do pelame, frequência respiratória e cardíaca, gradiente térmico entre temperatura retal e a superficial e o gradiente entre temperatura superficial e temperatura ambiente e o ITC de Baccari Júnior, em caprinos das raças Saanen, Parda Alpina, Anglo-nubiana e Boer visando à utilização dessas raças em sistemas de produção de caprinos, no Município do Rio de Janeiro, Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo referem-se a um criatório de caprinos localizado na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. O estudo teve o apoio do Programa de Gerenciamento de Cabras Leiteiras (GEROCABRA) do Departamento de Reprodução e Avaliação Animal (DRAA) do Instituto de Zootecnia, UFRRJ e da associação dos produtores rurais da Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro.

Geograficamente, o Município do Rio de Janeiro situa-se a 43°32' de longitude Oeste e 22°55' de latitude Sul de GW, aproximadamente. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima é descrito como Aw. A temperatura média anual é 23,8°C, a média das máximas é 27,9°C e das mínimas 21°C, a temperatura máxima absoluta é 38,9°C e a mínima 11,2°C, a umidade relativa média é 79%, e a precipitação anual média é 1.279,8mm, concentrada nos meses de outubro a março (FIDERJ 2008).

Foram utilizadas 48 cabras adultas, com idades entre três e quatro anos, secas e vazias, clinicamente sadias e de boa condição corporal, sendo 12 animais das raças Saanen (SA), 12 Parda Alpina (PA), 12 Anglo-nubiana (AN) e 12 Boer (BO).

O estudo foi realizado no verão, havendo um período pré-experimental no terço final da primavera para que os animais pudessem se adaptar ao manejo, visando uma melhor interação com o homem e a determinação da hierarquia social, visto que vários animais foram introduzidos no estudo, oriundos de outro cabril. No período experimental não foram observadas interações agonísticas entre os animais, possivelmente, devido ao fato desses já se conhecerem. Provavelmente, não houve dominância entre os animais, porém, se ocorrida, esta foi pacífica, não sendo perceptível.

O cabril era de alvenaria com piso suspenso de ripado, com laterais de 1,50 m de altura a partir do piso completado por telas de arame liso, com cobertura de telha de barro do tipo francesa. A orientação do eixo maior da cobertura era norte-sul. Havia espaço físico dentro dos boxes suficiente para o descanso e razoável movimentação dos animais, levando em consideração o espaço individual e social. A distribuição do alimento e o manejo geral, dentro do cabril, eram realizados de maneira calma e rotineira.

As cabras foram alimentadas com capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumach, cv. Napier) picado à vontade, feno de gramínea coast-cross (*Cynodon dactylon*, (L) Pearson), com suplementação de concentrado comercial. A ração formulada continha na composição química da dieta: 77,5% de NDT; 20,0% de PB; 0,6% de P e 0,8% de Ca, fornecida 600 g/cab/dia, sendo distribuídas duas vezes ao dia.

A metodologia aplicada para aferição da temperatura retal (TR) consistiu na introdução de um termômetro clínico veterinário, com escala até de 44°C, diretamente no reto do animal, a uma profundidade de seis centímetros, de forma que o bulbo ficasse em contato com a mucosa do animal, permanecendo por um período de cinco minutos e o resultado da leitura expresso em graus centígrados. A temperatura superficial (TS) do pelame foi aferida com um termômetro digital infravermelho (ST3 - RAYTEK) sem contato, considerando a média da TS nas seguintes regiões do corpo dos animais: frente (TF), pescoço (TP), lombo (TL), costado (TC), ventre (TV) e canela (TCN).

A obtenção da frequência respiratória (FR) foi realizada por meio da auscultação indireta (auscultação mediata) das bulbas, com um auxílio de um estetoscópio

flexível, ao nível da região laringo-traqueal, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos, e o valor obtido foi multiplicado por quatro para determinação da FR em movimentos por minuto (mov./min.) e a frequência cardíaca (FC) foi aferida também com o auxílio de um estetoscópio flexível, colocado diretamente na região torácica esquerda à altura do arco aórtico, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos, e o valor obtido foi multiplicado por quatro para determinação da FC em batimentos por minuto (bat./min.).

A TR, TS, FR e FC dos animais foram registradas as 9 e 15 horas durante 15 dias entre os dois primeiros terços do período do verão.

Para o Índice de Tolerância ao Calor (ITC) proposto por Baccari Júnior et. al. (1986), os animais foram trazidos de um pátio cimentado (solário) às 11 horas, e ficaram duas horas à sombra (cabril), às 13 horas foi realizada a primeira tomada da temperatura retal (TR1), dentro do tronco de contenção. Em seguida, os animais foram soltos no pátio cimentado, sem sombra, expostos à radiação solar direta, durante uma hora (das 13 às 14 horas), no horário de máxima incidência dos raios solares. Após esse período ao sol, os caprinos foram submetidos à sombra por mais uma hora. Às 15 horas, foi realizada a segunda medida da temperatura retal (TR2). Foi investigada a resposta termorreguladora da FR, já que essa informação ajudaria em parte explicar as respostas compensatórias da termólise evaporativa à capacidade de tolerância ao calor do teste. Durante o período do teste (das 11 às 16 horas), os animais permaneceram sem acesso à água e ao alimento. O ITC foi realizado em seis dias consecutivos de calor, sem nebulosidade e com baixa velocidade do ar (vento). Durante a aplicação do ITC os animais tiveram acesso ao solário das 9 às 11 horas.

Através das médias obtidas para TR1 e TR2, obteve-se o ITC por meio da fórmula: $ITC = 10 - (TR1 - TR2)$. Quanto maior o ITC, mais tolerante ao calor é o animal.

Para avaliar a temperatura retal dos animais, no tronco de contenção, os observadores utilizaram termômetros clínicos digitais, Modelo GT3020 flexível com escala de 32 a 44°C, mantido no reto, até que emitisse um sinal sonoro, que indicava a estabilização da temperatura. Os animais permaneceram o restante dos períodos diurno e noturno no cabril em seu manejo de rotina.

Foram utilizados como indicador de conforto animal o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981) no qual considera-se os efeitos da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, do nível de radiação e da movimentação do ar, segundo a equação abaixo:

$ITGU = Tgn + 0,36 Tpo + 41,5$, em que:

Tgn = temperatura do globo negro de Vernon, em graus Celsius;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho, em graus Celsius.

Para calcular o ITGU foi utilizado um equipamento portátil, um psicrômetro não ventilado, afixado dentro

da instalação, protegido da radiação e do vento e, um globo negro de Vernon, uma esfera de 15 cm de diâmetro, colocado a uma altura média do flanco do cabrito, dentro do cabril e em campo aberto, no sol, para medir a temperatura do globo negro (Tgn). As leituras para a determinação do ITGU ocorreram em intervalos de 30 minutos, no período das 6 às 18 horas, durante o estudo.

De acordo com o National Weather Service of USA os valores do ITGU até 74, definem situação de conforto; 74 a 78, situação de alerta; de 79 a 84, situação de perigo e acima de 84 a situação é de emergência.

Foi determinada a temperatura radiante média (TRM) que é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, para eliminar o efeito da reflexão com a qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto à do ambiente considerado, sendo a TRM obtida pela seguinte equação: $TRM = 100.[2,51 (V^{1/2}) (TGN - TA) + (TGN/100)^4]^{1/4}$ em que a TRM é dada em K (graus Kelvin); V é a velocidade do vento em m/s^{-1} , assim como a carga térmica de radiação (CTR) calculada dentro das baias e em campo aberto estimada pela expressão citada por Esmay (1969): $CTR = \sigma (TRM)^4$ em que a CTR é dada em $W.m^{-2}$; σ é a constante de Stefan-Boltzman ($5,67.10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$) e TRM a temperatura radiante média, K.

Para calcular a temperatura do ar (TA) e a umidade relativa do ar (UR) foi utilizado um termohigrômetro digital Icel Manaus Modelo HT-208. Para o cálculo da velocidade do vento foi utilizado um anemômetro digital.

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 4x2, quatro raças exóticas (SA, PA, AN e BO) e dois turnos de coletas (manhã e tarde), com 15 repetições para as características fisiológicas TR, TS, FR e FC.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando programa Statistical Analysis Systems Institute, versão 6.11 (SAS 1996) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise de ITC de Baccari foi utilizado o mesmo logiciário estatístico, porém neste caso, utilizou-se a metodologia dos modelos lineares generalizados considerando uma distribuição Gamma com função de ligação logarítmica de acordo com Nelder e Wedderburn (1972).

Em todos os casos, por se tratar de medidas repetidas no mesmo animal, utilizou-se uma estrutura de covariância composta simétrica.

Calculou-se também as correlações lineares (r) de Pearson entre as médias das variáveis ambientais, temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) e da fisiológica (TR, TS, FR e FC) entre as diferentes raças e em todos os animais. Assim como as médias da TA e do ITGU.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas das variáveis meteorológicas monitoradas e dos indicadores de conforto animal que caracterizam o ambiente térmico do estudo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Média da temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura do globo negro (TGN) e dos indicadores de conforto térmico, Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Temperatura Radiante Média (TRM) e Carga Térmica Radiante (CTR) nos dias de coletas dos dados da TR, TS, FR e FC.

Variáveis ambientais	Turnos			
	Manhã 7 às 12 hs		Tarde 12 às 17 hs	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Temperatura máxima, Tmax (°C)	33,4	38,7	38,3	42,7
Temperatura mínima, Tmin (°C)	27,1	33,1	32,8	35,8
Temperatura média, Tméd (°C)	30,3	35,9	35,6	39,3
Temperatura do bulbo seco, Tbs (°C)	30,5	-	35,1	-
Temperatura do bulbo úmido, Tbu (°C)	26,2	-	31,2	-
Umidade relativa, UR (%)	82,8	75,7	71,8	66,6
Temperatura do globo negro, Tgn (°C)	35,8	49,3	40,3	55,6
Índice de temperatura do globo negro e umidade, ITGU	83,8	93,6	91,7	103,5
Temperatura radiante média, TRM (oC)	34,2	51,7	38,4	58,8
Carga térmica radiante, CTR (W.m-2)	501,3	768,5	553,1	821,7

Observou-se que a temperatura do ar (TA) do turno da tarde foi sempre mais elevada do que as do turno da manhã, conforme a Tabela 1. A média da TA a sombra (dentro do cabril) pela manhã e tarde foi de 30,3 e 35,6 °C contra 35,9 e 39,3°C ao sol, respectivamente (Tabela 1). Os valores observados para o ITGU foram elevados independente do turno (manhã e tarde) à sombra (83,8 e 91,7) ou no sol (93,6 e 103,5), conforme a Tabela 1, bem acima da situação de conforto que até 74, indicando uma situação de perigo e de emergência para os animais. A TRM a sombra foi de 34,2°C pela manhã e 38,4°C à tarde versus aos valores médios ao sol aferidos pela manhã (51,7°C) e a tarde (58,8°C), conforme a Tabela 1. A TRM média ao sol (55,25°C) foi em torno de 19°C daquela aferida à sombra (36,3°C), baseando-se nos valores apresentados na Tabela 1. A elevada TRM ao sol pode ser corroborada com a elevada CTR neste ambiente, pela manhã (768,5 W.m⁻²) e a tarde (821,7 W.m⁻²) quando comparadas na mesma sequência com os valores observados à sombra (501,3 e 553,1 W.m⁻²). A UR média (74,2%) foi um obstáculo para perda de calor pelo processo evaporativo, pela manhã onde a UR média a sombra foi de 82,8 e ao sol 75,7% contra 71,8 e 66,6% a tarde a sombra e ao sol, respectivamente (Tabela 1). A importância da UR é maior quanto mais o organismo depende de processos evaporativos para a termorregulação. No caso específico do ambiente quente e úmido, a evaporação se processa lentamente, reduzindo a perda de calor e aumentando o estresse térmico, principalmente porque a termólise por convecção é ineficaz quando diminui o diferencial de temperatura entre a superfície do corpo e a atmosfera. Durante o estudo a velocidade

do vento (Vv) média foi 0,7 m.s⁻¹ com uma variação de zero a 1,7 m.s⁻¹, não favorecendo as trocas térmicas por convecção e por evaporação, mesmo tendo as raças caprinas desse estudo um pelame pouco denso, formado por pelos finos e compridos. Em região de clima quente e úmido com temperaturas elevadas a troca de calor sensível (convecção e radiação) diminui, intensificando a perda de calor latente que, por sua vez, é ajudada pela UR mais baixa e maior movimentação do ar.

Os dados referentes aos valores observados para os parâmetros fisiológicos (TR, TS, FR e FC), encontram-se na Tabela 2.

Verificou-se que as médias da TR, TS, FR e FC nas cabras europeias (SA e PA) foram mais elevadas (P<0,05) pela manhã e (P<0,01) à tarde em comparação às das cabras das raças do tronco africano (AN e BO), conforme Tabela 2.

A média da temperatura retal (TR) dos animais pela manhã (39,40°C) foi estatisticamente menor (P<0,01) do que no período da tarde (40,34°C), conforme consta na Tabela 2. A amplitude da TR durante o dia (manhã e tarde) nas cabras europeias foi de 1,24°C em comparação as africanas (0,66°C), dando uma interação significativa (P<0,01) entre os grupos genéticos e o turno.

A mesma tendência foi observada quando a FR e a FC foram submetidas aos tratamentos estatísticos com relação à fonte de variação turno, onde os animais registraram as médias da FR e FC mais elevadas (P<0,01) no período da tarde (Tabela 2). Todavia, a amplitude, da FR e FC observadas durante o dia (manhã e tarde) foi maior, respectivamente, nas cabras SA e PA (27,80 mov./min. e 32,01 bat./min.) em comparação AN e BO (19,94 mov./min. e 23,96 bat./min.), dando uma interação significativa (P<0,01) entre os grupos raciais e o turno.

As médias da FR e FC nos animais no período da tarde foram maiores (49,76 mov./min. e 119,93 bat./min.) do que as médias no período da manhã (26,03 mov./min. e 91,95 bat./min.), respectivamente, nos diferentes tipos raciais, conforme Tabela 2. Todavia, as médias da FR e FC observada nas cabras SA e PA foram mais elevadas (56,14 mov./min. e 131,67 bat./min.) em comparação a AN e BO (43,34 mov./min. e 108,85 bat./min.), respectivamente.

Entre dias, a TR, TS, FR e FC dos caprinos variaram significativamente (P<0,01). As médias da TR, TS, FR e FC nas raças variaram entre os dias, dando interação de raça x dias (P<0,01). Similarmente, todos os aumentos à tarde foram diferentes entre os dias dando uma interação (P<0,01) entre turno x

Tabela 2. Médias e erro-padrão da temperatura retal (TR), temperatura superficial (TS), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC) de caprinos no município do Rio de Janeiro.

Classificação	Média (erro-padrão)			
	TR (°C)	TS (°C)	FR (mov./min)	FC (bat./min)
Média geral	39,87	34,47	37,89	105,94
Raça (R):				
SA	40,16 (0,04)a	35,12 (0,01)a	42,28 (0,45)a	114,18 (0,73)a
PA	40,13 (0,04)a	35,17 (0,02)a	42,20 (0,46)a	115,84 (0,73)a
NA	39,61 (0,03)b	33,81 (0,01)b	33,58 (0,38)b	98,28 (0,65)b
BO	39,58 (0,03)b	33,77 (0,01)b	33,51 (0,39)b	95,45 (0,64)b
Turno (MT):				
Manhã	39,40 (0,02)b	32,19 (0,01)b	26,03 (0,33)b	91,95 (0,63)b
Tarde	40,34 (0,04)a	36,74 (0,01)a	49,76 (0,49)a	119,93(0,81)a
Dia (D):				
Dia 1	39,72 (0,02)e	32,76 (0,01)g	36,29 (0,38)e	95,36 (0,64)f
Dia 2	39,73 (0,02)e	32,78 (0,01)g	36,30 (0,37)e	99,18 (0,65)e
Dia 3	39,80 (0,02)c	33,63 (0,01)f	37,37 (0,41)d	104,88 (0,68)d
Dia 4	39,92 (0,03)d	35,77 (0,01)c	38,61 (0,42)c	107,31 (0,72)cd
Dia 5	40,10 (0,03)b	36,23 (0,01)b	40,16 (0,45)a	117,45 (0,78)a
Dia 6	40,17 (0,03)a	36,54 (0,01)a	40,20 (0,46)a	119,33 (0,78)a
Dia 7	40,02 (0,0)c	36,20 (0,02)b	39,66 (0,44)b	115,25 (0,77)ab
Dia 8	39,87 (0,03)d	34,51 (0,01)d	37,52 (0,41)d	110,64 (0,74)b
Dia 9	39,93 (0,03)d	35,86 (0,01)c	38,63 (0,43)c	112,35 (0,75)ab
Dia 10	39,81 (0,02)c	34,39 (0,01)e	37,42 (0,41)d	102,31 (0,71)d
Dia 11	39,70 (0,02)e	32,23 (0,02)h	36,27 (0,38)e	92,95 (0,61)f
Dia 12	39,71 (0,02)e	32,74 (0,01)g	36,26 (0,36)e	94,27 (0,62)f
R x MT:				
SA x M	39,54 (0,03)c	32,74 (0,01)c	28,38 (0,35)c	100,67 (0,65)d
PA x M	39,52 (0,03)c	32,78 (0,01)c	28,30 (0,34)c	97,34 (0,64)ed
AN x M	39,28 (0,02)d	31,65 (0,01)d	23,75 (0,31)d	86,44 (0,56)f
BO x M	39,25 (0,02)d	31,60 (0,01)d	23,68 (0,30)d	83,33 (0,54)f
SA x T	40,77 (0,04)a	37,51 (0,02)a	56,18 (0,51)a	127,69 (0,91)a
PA x T	40,75 (0,04)a	37,55 (0,02)a	56,11 (0,51)a	134,33 (0,93)b
AN x T	39,94 (0,03)b	35,98 (0,01)b	43,41 (0,46)b	110,12 (0,73)c
BO x T	39,91 (0,03)b	35,94 (0,01)b	43,34 (0,45)b	107,57 (0,71)c

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada fator de classificação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

dias. O aumento da TR, TS, FR e FC à tarde sobre a diferença de dias variou entre as raças, dando interações ($P < 0,01$) de raça x turno (manhã-tarde) x dias.

Esta situação em que a média das TR, TS, FR e FC variaram entre dias, em parte, devido às variações dos fatores do meio ambiente, principalmente a TA. A TR na parte da tarde foi mais elevada do que na parte da manhã (Tabela 2). Esta variação diurna (manhã e tarde) tem sido a origem de maior variabilidade na TR em caprinos (Medeiros et al. 2002 e 2007).

Há na literatura vários estudos relacionados aos efeitos deprimentes da ação conjunta dos elementos climáticos sobre a FC dos animais, de modo que, à medida que aumenta a temperatura ambiente tem sido registrada a elevação da FC em caprinos (Medeiros et al. 2001, 2007, Gomes et al. 2008, Rocha et al. 2009). A vasodilatação periférica resultante na queda da pressão sanguínea é compensada pelo aumento da FC.

Em animais que são normalmente ativos durante o dia, há uma variação normal na temperatura corporal, que é mínima, pela manhã e máxima no início da tarde. Todavia, sob estresse térmico, notadamente no período da tarde, esta variação é muito marcante, evidenciando nesse período uma hipertermia. Tal fato faz com que a temperatura ambiente à tarde venha a ser a origem da temperatura corporal elevada dos animais nos trópicos, principalmente no período primavera e verão. A taxa elevada da FR encontrada neste estudo traduz uma resposta para o aumento na TR à tarde, como um mecanismo que os animais utilizam para poder dissipar o calor corporal.

O aumento da TR incrementa a FR, promovendo a troca de calor que ocorre entre o sangue venoso, que vem da mucosa nasal, e o arterial que irriga o cérebro. Assim, em caprinos o resfriamento seletivo do cérebro tem alta correlação com a perda de calor por evaporação respiratória.

A habilidade de muitos animais para desenvolver-se sob condições quentes baseia-se nas respostas compensatórias, como aumento da TR e da FR. A termólise evaporativa da FR é considerada menos expressiva que a perda de calor cutâneo (sudação) nos animais a campo (Aiura et al. 2010).

Em ambiente tropical, o fator que mais afeta os animais é o aporte térmico devido à radiação solar intensa, tanto em forma direta como indireta (re-irradiação da energia térmica pelas superfícies ambientes circunvizinhas). Caracterizado pela TRM, além da Vv e a UR que são fatores importantes para as respostas da FR. Estes fatores agiram de forma análoga à temperatura radiante. Isto ocorreu pelo fato de que a corrente de ar não facilitou a perda de calor sensível por convecção, o que diminuiu a perda evaporativa. A UR também não facilitou a perda de calor latente pelas vias respiratórias. Havendo assim uma maior resistência à passagem de calor latente da superfície corporal para a atmosfera.

A regulação física do calor corporal através da evaporação pelas vias respiratórias foi um recurso utilizado com maior intensidade pelos animais das raças SA e PA comparadas às raças AN e BO, que fizeram uso mais moderado da termólise evaporativa via ofegação. Esse é um indício de que nos animais das raças de origem africana, o mecanismo mais importante para a dissipação de calor deve ser pela termólise evaporativa cutânea (sudação). Isto é uma evidência que há diferenças genéticas nas reações fisiológicas dos caprinos durante o período de primavera e verão (época quente e chu-

Tabela 3. Médias da temperatura superficial (°C) de diferentes regiões do corpo de caprinos: temperatura da frente (TF), temperatura do pescoço (TP), temperatura do lombo (TL), temperatura do costado (TC), temperatura do ventre (TV) e temperatura da canela (TCN), no período da manhã e tarde.

Raça	Parâmetros			
	Manhã TF	Tarde TF	Manhã TP	Tarde TP
Saanen	31,89Aa	36,93Ba	34,51Ab	37,86Ba
Parda Alpina	31,96Aa	36,98Ba	34,58Ab	37,89Ba
Anglo-nubiana	30,81Ab	35,46Bb	33,41Aa	36,49Bb
Boer	30,76Ab	35,42Bb	33,36Aa	36,44Bb
	TL	TC	TC	TC
Saanen	31,84Aa	37,21Ba	32,81Aa	37,84Ba
Parda Alpina	31,88Aa	37,26Ba	32,86Aa	37,88Ba
Anglo-nubiana	30,82Ab	35,48Bb	31,79Ab	35,96Bb
Boer	30,78Ab	35,43Bb	31,74Ab	35,93Bb
	TV	TV	TCN	TCN
Saanen	33,92Aa	38,31Ba	31,48Aa	36,91Ba
Parda Alpina	33,97Aa	38,34Ba	31,52Aa	36,94Ba
Anglo-nubiana	32,63Ab	36,96Bb	30,45Ab	35,55Bb
Boer	32,59Ab	36,93Bb	30,41Ab	35,51Bb

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

vosa), nos trópicos. E que essas diferenças devem ser de atributos anatomofisiológicos que afetam a termorregulação dos animais.

Os dados referentes aos valores médios observados para a temperatura superficial (TS) das diferentes partes do corpo dos animais encontram-se na Tabela 3.

A média da TS, das diferentes regiões estudadas no corpo dos caprinos, em função da raça e turno foi de 32,74; 32,79; 31,64 e 31,60°C, pela manhã e 37,51; 37,55; 35,98 e 35,94°C à tarde, respectivamente, para as raças SA, PA, AN e BO, de acordo com os valores analisados da Tabela 3. A amplitude média da TS durante o dia (manhã e tarde) para os animais dos diferentes tipos raciais foi de 4,55°C, conforme Tabela 2.

Houve diferenças estatísticas (P<0,01) para todas as diferentes regiões do corpo, a temperatura da frente (TF), temperatura do pescoço (TP), temperatura do lombo (TL), temperatura do costado (TC), temperatura do ventre (TV) e temperatura da canela (TCN) entre turno. As raças europeias tiveram os valores mais altos para TS nas diferentes regiões do corpo, no período da manhã e da tarde (Tabela 3). A TS nas raças SA e PA foram mais elevadas (P<0,05) pela manhã e (P<0,01) à tarde, em comparação a AN e BO. As raças de cada tronco não diferenciaram estatisticamente (P>0,05) entre si, tanto no turno da manhã como à tarde.

Os dados referentes aos valores médios do gradiente térmico entre a temperatura retal (TR) e a temperatura da superfície dos animais (TS) e entre

a TS e a temperatura do ambiente (TA) encontram-se na Tabela 4.

Houve efeito significativo (P<0,05) entre o turno e a raça para o gradiente térmico entre a temperatura retal e superficial (TR-TS). No turno da tarde, verificaram-se as menores médias entre a TR-TS dos animais. As raças de origem africana obtiveram maiores médias nos dois turnos em comparação às europeias, conforme Tabela 4.

Não houve diferença (P>0,05) entre turno para o gradiente entre a temperatura superficial e temperatura do ambiente (TS-TA). Porém, à tarde todos os animais, independentes da raça, tiveram as médias mais baixas (Tabela 4). As cabras AN e BO obtiveram as menores médias (P<0,05) entre a TS-TA, nos dois períodos, em comparação à SA e PA (Tabela 4). Evidenciando um maior desconforto térmico das raças de origens europeias, mesmo sendo manejadas em regime intensivo.

O menor gradiente térmico entre a TR-TS e a TS-TA, entre outras causas, foi devido a TA ter sido elevada pela manhã e à tarde, situação essa que dificulta a perda de calor sensível.

Roberto et al. (2014) salientam a influência direta dos fatores ambientais sobre a temperatura superficial da pele em cabras Saanen e mestiças F2 (3/4 Boer + 1/4 SA), em especial no período da tarde. Segundo esses autores mesmo em condições de confinamento, o período da tarde no semi-árido se torna estressante para os caprinos, reduzindo os gradientes térmicos entre a temperatura do núcleo central e a superfície corporal, e desta com o ambiente.

Eustáquio Filho et al. (2011), observaram que a temperatura ambiente teve efeito linear significativo sobre a temperatura do pelame, afirmando que isso ocorre provavelmente devido aos processos fisiológicos, como a vasodilatação e a sudorese, que são ativados para dissipação do calor corpóreo, e que sob estresse severo, ocorre aumento do fluxo sanguíneo do núcleo central para superfície do

Tabela 4. Média dos gradientes entre a temperatura retal e superficial (TR-TS) e do gradiente entre a temperatura superficial e do ambiente (TS-TA) em função das raças e dos turnos.

Raça	TR - TS		TS - TA	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Saanen	6,80Aa	3,26Ba	2,64Aa	1,91Aa
Parda Alpina	6,74Aa	3,20Ba	2,68Aa	1,95Aa
Anglo-nubiana	7,63Ab	3,96Bb	1,55Ab	0,38Ab
Boer	7,65Ab	3,97Bb	1,55Ab	0,44Ab
CV (%)	3,24		4,18	

TR = temperatura retal, TS = temperatura superficial e TA = temperatura ambiente.

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

animal e, conseqüentemente, elevação da taxa de fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais.

O redirecionamento do fluxo sanguíneo e a vasodilatação facilitam a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos, reduzindo a temperatura superficial (Souza et al. 2005). Entretanto, a eficácia desses mecanismos depende da diferença de temperatura entre o corpo do animal e o ambiente. Ou seja, a dissipação de calor da forma sensível depende do gradiente térmico entre a superfície do animal e a temperatura do meio ambiente. A condução térmica tem grande importância no processo de dissipação de calor, desde o núcleo central até a superfície exterior do animal, bem como da superfície ao meio que o envolve.

O ideal para os animais domésticos é que haja um gradiente em torno de 6°C entre a temperatura central do corpo e a superfície da pele e desta para com o ar. Assim, o fluxo do excesso de calor corpóreo caminhará naturalmente para fora e toda reação química exergônica poderá ser realizada sem causar superaquecimento no corpo do animal (Silva 2000). No referido trabalho o gradiente entre a TR e TS ficou abaixo de 4°C, no período da tarde (Tabela 4). Isto denota que, a uma temperatura ambiente elevada, a temperatura central estende-se para a superfície, para os membros dos animais. Em temperatura ambiente baixa, os gradientes de temperatura no envoltório estendem-se ao longo dos membros, e a temperatura central fica restrita ao tronco e a cabeça.

As altas temperaturas corporais durante o dia (estocagem de calor) são vantajosas, porque quando a temperatura interna aumenta, o gradiente de temperatura entre o corpo e o ambiente é reduzido e, portanto, o ganho de calor ambiente é menor. O animal utiliza a estocagem de calor quando necessário para se termorregular. Segundo Aiura et al. (2010), a forma mais eficaz de termólise quando a carga térmica do ambiente está elevada é a evaporação, uma vez que esse mecanismo de termólise não depende do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera. No referido estudo, mesmo utilizando a termólise evaporativa, para manter a homeotermia, as cabras européias, em especial, revelaram-se mais sensíveis ao calor, apresentando um maior desconforto térmico, pela manhã e notadamente no período da tarde, quando comparadas as africanas.

Os resultados encontrados no estudo com relação à TS considerando as diversas partes do corpo dos animais, o gradiente entre a TR-TS e a TS-TA

está em consonância com os resultados observados por Santos et al. (2005) para as raças Boer, Anglo-nubiana, Moxotó e Pardo-Sertaneja, Souza et al. (2005 e 2008) para mestiços F1 ($\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savanna + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-nubiana + $\frac{1}{2}$ SRD e $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD) e Roberto et al. (2014) com caprinos da raça Saanen e mestiço F2 ($\frac{3}{4}$ Boer + $\frac{1}{4}$ Saanen). Todavia, os valores obtidos neste estudo para TS foram mais elevados, enquanto para a TR-TS e TS-TA os gradientes térmicos foram mais baixos em comparação aos valores citados por esses autores. Essas diferenças ocorreram, provavelmente, em função da média da TA dentro do cabril (à sombra) ter sido elevada tanto no período da manhã (30,1°C) como no da tarde (35,6°C), conforme Tabela 1.

Mesmo em condições de confinamento, tanto no período da manhã, e notadamente, no da tarde, na Baixada Fluminense, na época do verão, se torna estressante para os caprinos reduzindo os gradientes térmicos entre as temperaturas do núcleo central e a superfície corporal e desta com o ambiente. Regiões quentes e úmidas como a da Baixada Fluminense representam problemas para o desempenho animal, pois dificultam a dissipação de calor pelo gradiente baixo entre a TS e a TA. Assim, explica-se a elevada TR e a TS, pelo acúmulo de calor endógeno e as altas frequências respiratórias como um dos mecanismos da termorregulação.

As correlações da TR, TS, FR e FC *versus* a TA e a UR encontram-se na Tabela 5.

Para todos os animais das raças estudadas houve uma correlação linear ($r = 0,628$, $P < 0,01$) entre a TR e a TS, ($r = 0,612$, $P < 0,01$) entre a TR e a FR, ($r = 0,615$, $P < 0,01$) entre TR e a FC e ($r = 0,415$, $P < 0,01$) entre FR e a FC. Essa correlação positiva e significativa, entre as características fisiológicas analisadas, significa que o aumento em uma característica foi acompanhado pela elevação das outras.

As correlações entre a TA e a TR para os caprinos das raças SA, PA, AN e BO foram, a seguir:

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear (r) de Pearson entre as variáveis fisiológicas (TR, TS, FR e FC) e as ambientais (TA e UR), em caprinos de diferentes raças.

Variável	Saanen		Parda Alpina		Anglo-nubiana		Boer	
	TA	UR	TA	UR	TA	UR	TA	UR
TR	0,663**	0,304*	0,659**	0,306*	0,318*	0,292*	0,315*	0,287**
TS	0,609**	0,298*	0,613**	0,301*	0,316*	0,288*	0,314*	0,286*
FR	0,601**	0,307*	0,607**	0,309*	0,315*	0,304*	0,312*	0,301*
FC	0,417**	0,294*	0,423**	0,296*	0,313*	0,285*	0,310*	0,282*

TR = temperatura retal, TS = temperatura superficial, FR = frequência respiratória e FC = frequência cardíaca, TA = temperatura ambiente e UR = umidade relativa.

** = $P < 0,01$, * = $P < 0,05$

($r = 0,663$, $P < 0,01$), ($r = 0,659$, $P < 0,01$), ($r = 0,318$, $P < 0,05$) e ($r = 0,315$, $P < 0,05$), respectivamente, conforme a Tabela 5. Essas correlações altamente significativas, verificadas nos animais SA e PA indicam que os mesmos reagiram às elevações da TA aumentando a TR, assim como a TS ($r = 0,609$, $P < 0,01$) e ($r = 0,613$, $P < 0,01$), a FR ($r = 0,601$, $P < 0,01$) e ($r = 0,607$, $P < 0,01$) e a FC ($r = 0,417$, $P < 0,01$) e ($r = 0,423$, $P < 0,01$), respectivamente. Isso denota que, as raças de origens europeias tiveram mais dificuldade para manter a homeotermia; encontrando, portanto, dificuldade de suportar o calor por deficiência de outros aspectos do aparelho termorregulador, como, por exemplo, a termólise evaporativa via cutânea (sudação), embora esses animais também ressudem. As cabras africanas, embora houvesse aumento na TR, TS, FR e FC com elevação da TA, reagiram melhor do que as europeias, isto é, regularam melhor o excesso de calor produzido nas horas mais quentes, mantendo sua TR, TS, FR e FC em níveis mais baixos.

Verificou-se que tanto os caprinos do tronco europeu como o africano reagiram às variações da UR (Tabela 5), considerando todos os animais, a correlação linear simples entre esta variável e a TR foi positiva e significativa ($r = 0,301$, $P < 0,05$). O aumento da UR dificulta a termorregulação em ambiente quente, o que revela que as raças de ambos os troncos foram sensíveis às variações da UR em relação a TR, conforme Tabela 5.

Verificou-se uma correlação positiva e significativa ($r = 0,668$, $P < 0,01$) entre a TA e o ITGU. À medida que aumenta o valor do ITGU, diminui o conforto térmico dos animais.

Nos dias de execução do índice de tolerância ao calor (ITC) os valores obtidos para o ITGU pela manhã das 07 às 12 horas variaram de 84,67 e 92,72, e à tarde, das 12 às 17 horas de 96,75 a 105,45, no sol. Tanto pela manhã como à tarde, a ambiência estava em situação de emergência para os animais.

As médias das mínimas e máximas da TA e UR do ar durante os dias da execução do ITC foram, a seguir: pela manhã (07 às 12 horas) 28,8 e 35,7°C e 69,8 e 81,7%, à tarde (12 às 17 horas) de 31,3 e 36,3°C e 65,8 e 71,6%, respectivamente dentro do cabril. No sol, na mesma sequência 33,8 e 37,8°C e 66,7 e 74,5% pela manhã e 36,6 e 39,8°C e 62,8 e 70,3% à tarde.

As médias da temperatura retal (TR1) às 13 e às 15 horas (TR2) e o ITC encontram-se na Tabela 6.

As cabras SA e PA apresentaram TR2 mais elevadas ($P < 0,01$) do que a TR1, já nas africanas essas diferenças foram menores ($P < 0,05$), bem como

Tabela 6. Médias e erro-padrão da temperatura retal um (TR1) e da temperatura retal dois (TR2) e do Índice de Tolerância ao Calor (ITC) de Baccari Júnior, em caprinos.

Raças	Parâmetros		
	TR1 (°C)	TR2 (°C)	ITC
Saanen	40,13 (0,05)Aa	41,22 (0,07)Ba	8,91a
Parda Alpina	40,11 (0,05)Aa	41,18 (0,07)Ba	8,93a
Anglo-nubiana	39,81 (0,04)Ab	40,18 (0,05)Bb	9,63b
Boer	39,79 (0,04)Ab	40,14(0,05)Bb	9,65b

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

o ITC (Tabela 6), confirmando os dados anteriores que já demonstraram a maior suscetibilidade de caprinos do tronco europeu ao calor da Baixada Fluminense. A pequena variação entre a TR2 e a TR1 de caprinos das raças do tronco africano se traduziu em um melhor índice de tolerância ao calor ($P < 0,01$), conforme Tabela 6.

Verificou-se que os animais da raça BO e AN exibiram o ITC mais altos (9,65 e 9,63) enquanto os das raças PA e SA os mais baixos (8,93 e 8,91), respectivamente (Tabela 6).

As médias da frequência respiratória (FR1) às 13 e às 15 horas (FR2) por ocasião da aplicação do ITC, encontram-se na Tabela 7.

Analisando a Tabela 7, as médias da FR1 e FR2 observadas durante a aplicação do ITC foi de 74,58; 71,44; 50,33 e 47,56 mov./min. às 13 horas e 87,33; 84,95; 60,64 e 57,44 mov./min. às 15 horas, respectivamente, para as raças SA, PA, AN e BO. Verificou-se que a FR1 e a FR2 nas cabras das raças europeias foram mais elevadas ($P < 0,01$) tanto as 13 como 15 horas em comparação as africanas. A diferença entre FR1 e FR2 para todas as raças foi significativa ($P < 0,05$).

A resposta termorreguladora FR ajudou em parte a explicar as respostas compensatórias da termólise evaporativa à capacidade de tolerância ao calor pelo ITC.

Souza (2003) ao submeter caprinos mestiços de diferentes grupos genéticos (exóticos, nativos e SPRD) confinados ao ITC de Baccari Júnior, obser-

Tabela 7. Médias e erro-padrão da frequência respiratória (FR1 e FR2) durante a aplicação do ITC de Baccari Junior, em caprinos.

Raças	Parâmetros	
	FR1	FR2
Saanen	74,58(0,89)Aa	87,33 (1,05)Ba
Parda Alpina	71,44 (0,86)Aa	84,95 (1,03)Ba
Anglo-nubiana	50,33 (0,50)Ab	60,64 (0,66)Bb
Boer	47,56(0,48)Ab	57,44 (0,63)Bb

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

vou que os animais apresentaram o mesmo grau de tolerância ao calor. Os caprinos exóticos eram oriundos do tronco africano. Concordando com Santos et al. (2005), que também não verificaram diferença em caprinos das raças Boer e Anglo-nubiana (exóticos), e Moxotó e Parda Sertaneja (nativas) e com Silva et al. (2006), trabalhando com caprinos das raças Boer, Savana, Anglo-nubiana e Moxotó, em confinamento, submetidos ao ITC de Baccari Júnior. Esta mesma tendência foi observada por Souza et al. (2008), aplicando este mesmo teste, salientam que não houve diferença entre caprinos mestiços de 1ª geração (GF1) resultantes de cruzamentos das raças Boer, Savana, Kalarari, Anglo-nubiana e Moxotó com caprinos SPRD na Região Nordeste, que apresentaram elevados ITC. Esses autores reportam que, com base nos parâmetros apresentados (temperatura retal, superfície corporal, frequência respiratória e cardíaca) e dos valores obtidos pelo ITC, as raças exóticas (Anglo-nubiana, Boer, Savana, Kalarari) puras e mestiços dessas raças com os tipos SPRD, demonstraram um alto grau de adaptabilidade às condições semi-áridas, semelhantes às raças nativas (Moxotó e Parda Sertaneja). Estes resultados corroboram com os do referido estudo, que denota a importância das raças caprinas do tronco africano em região tropical.

A TR, TS, FR e FC em si foram boas medidas, pois mostraram alguma tendência definida, principalmente a TR, que pareceu ser um bom parâmetro para medir a tolerância ao calor em caprinos.

Como o aumento da FR em condições de temperaturas elevadas começa mesmo antes que haja aumento da temperatura do sangue que supre o cérebro, evidenciou a relevante importância dessa variável em resposta a um estresse térmico e sua alta correlação com a TR e o ITC, contribuindo para a eficácia do presente teste.

Contudo, a taxa de sudação deve ser investigada, pois os caprinos têm uma evaporação cutânea bastante expressiva em condições de estresse por calor, e essas informações ajudariam a explicar os bons índices de tolerância ao calor obtido, nas raças do tronco africano.

Estudos devem ser realizados sobre a correlação entre o desempenho reprodutivo e produtivo e o ITC, a fim de validar o teste em caprino.

CONCLUSÃO

Os dados obtidos neste estudo permitem concluir que existem diferenças genéticas de atributos anatomofisiológicos que afetam as reações fisiológicas e a termorregulação dos animais, pois as ra-

ças de origem europeias revelaram-se mais sensíveis ao estresse térmico.

As cabras avaliadas das raças Anglo-nubiana e Boer estão adaptadas às altas temperaturas que ocorrem no Município do Rio de Janeiro, Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Ao contrário, as cabras das raças Saanen e Parda Alpina não estão adaptadas às condições climáticas dessa região.

A utilização das raças Anglo-nubiana e Boer, de origem africana, para incrementar a produtividade caprina em clima quente e úmido pode ser uma alternativa viável para a região da Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro.

O Índice de Tolerância ao Calor (ITC) apresenta-se eficaz, com alta correlação com a temperatura corporal, sendo recomendado para o estudo de avaliação de tolerância ao calor.

REFERÊNCIAS

- Aiura A.L.O., Aiura F.S. & Silva R.G. da. Respostas termorreguladoras de cabras Saanen e Pardo Alpina em ambiente tropical. *Arch. Zootec.*, 59:605-608, 2010.
- Baccari Júnior F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. Anais 1º Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos Trópicos: Pequenos e Grandes Ruminantes. EMBRAPA-CNPC, Sobral, 1990, p.9-17.
- Baccari Júnior F., Polastre R., Fré C.A. & Assis P.S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. Anais 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ), Campo Grande, MS, 1986, p.316.
- Buffington D.E., Collazo-Arocho A., Canton G.H. & Pitt D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. *Transac. ASAE*, 24:711-714, 1981.
- Esmay M.L. Principles of animal environment, 2nd ed. Westport, CT. AVI, 1969. 325p.
- Eustáquio Filho A., Teodoro S.M., Chaves M.A., Santos P.E.F., Silva M.W.R., Murta R.M., Carvalho G.G.P. & Souza L.B. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. *Rev. Bras. Zootec.*, 40:1807-1814, 2011
- FIDERJ. Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro, Indicadores Climatológicos. Rio de Janeiro, 2008. 65p. il.
- Ligeiro E.C., Maia A.S.C., Silva R.G. da & Lourenço C.M.B. Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. *Rev. Bras. Zootec.*, 35:544-549, 2006.
- Medeiros L.F.D., Vieira D.H., Oliveira C.A. & Scherer P.O. Frequência respiratória e cardíaca em caprinos de diferentes raças e idades. *Rev. Bras. Med. Vet.*, 23:44-47, 2001.
- Medeiros L.F.D., Vieira D. H., Scherer P. O., Oliveira C.A. & Almeida J. C. de C. Efeitos da idade e raça sobre a temperatura corporal de caprinos. *Rev. Bras. Cien. Vet.*, 9:32-35, 2002.
- Medeiros L.F.D., Vieira D.H., Oliveira C.A., Fonseca C.E.M. da, Pedrosa I. de A., Guerson D.F., Pereira V.V. & Madeiro A.S. Avaliação de parâmetros fisiológicos de caprinos SPRD (sem padrão racial definido) pretos e brancos de diferentes idades, no Município do Rio de Janeiro, RJ. *Bol. Ind. An.*, 64:275-285, 2007.
- Nelder J.A. & Wedderburn R.W. Generalized Linear Models. *J. Royal Statist. Soc.*, 135:370-384, 1972.
- Rocha R.R.C., Costa A.P.R., Azevedo D.M.M.R., Nascimento F.S., Cardoso F.S., Muratori M.C.S. & Lopes J.B. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 61:1165-1172, 2009.
- Roberto J.V.B., Souza B. B. de, Furtado D.A., Delfino L.J.B. & Marques B.A. de A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos

- no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. *J. Anim. Behav. Biometeorol.*, 2:11-19, 2014.
- Santos F.C.B., Souza B.B., Alfaro C.E.P., César M.F., Pimenta Filho E.C., Acosta A.A.A. & Santos J.R.S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. *Ciênc. Agrotec.*, 29:142-149, 2005.
- Sas Institute. Statistical Analysis System. Users guide: Statistics. Version 6.11 edition. Cary, NC: SAS, 1996. 956p.
- Schmidt-Nielsen K. Fisiologia Animal: Adaptação e Meio ambiente Ambiente, 5th ed. Cambridge University Press, Cambridge, 2002. 611p.
- Silva E.M.N. da, Souza B.B. de, Silva G. de A., César M.F., Souza W.H., Benício T.M.A. & Freitas M.M.S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. *Ciênc. Agrotec.*, 30:516-521, 2006.
- Silva R.G. da. Introdução à bioclimatologia animal. 1^a ed. Nobel, São Paulo, 2000. 286p.
- Souza B.B. de, Souza E.D. de, César M.F., Souza W.H. de, Santos J.R.S. dos & Benício T.M.A. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. *Ciênc. Agrotéc.*, 32:275-280, 2008.
- Souza E.D., Souza B.B., Sousa W.H., César M.F., Santos J.R.S. & Tavares G.P. Determinação do grau de tolerância ao calor de caprinos mestiços de raças exóticas e nativas no semi-árido nordestino. Anais 40^a Reunião Anual da Sociedade de Zootecnia (SBZ), Santa Maria, RS, 2003. CD Room.
- Souza E.D. de, Souza B.B. de, Souza W.H. de, César M.F., Santos J.R.S. dos & Tavares G. de P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no Semi-árido. *Ciênc. Agrotéc.*, 29:177-184, 2005.