



**BIOCLIMATOLOGIA E BEM-ESTAR
ANIMAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**
Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 5
Raça Ovina Soinga no Semiárido Brasileiro

Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)

978-65-01-99704-9 | Acesso Aberto

CAPÍTULO 2

Avaliação da Tolerância ao Calor de Ovinos Soinga e Santa Inês no Semiárido Brasileiro

Heat Tolerance Evaluation of Soinga and Santa Inês Sheep in the Brazilian Semiarid Region

Fábio Santos do Nascimento¹; Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Antônio Fernando de Melo Vaz¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Luanna Figueiredo Batista¹; Valdir Moraes de Almeida¹; Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹; Antonio Leopoldino Neto¹; Ribamar Weríssimo Macêdo¹; Maycon Rodrigues da Silva¹; Juliana Paula Felipe de Oliveira²; Nágela Maria Henrique Mascarenhas¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil.

² Universidade Federal de Sergipe (UFS), Sergipe, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v5.2026.c02>

RESUMO

Objetivou-se avaliar e comparar a adaptabilidade dos genótipos Soinga e Santa Inês em função da dieta e do ambiente térmico. Foram utilizados 24 ovinos machos, com média de 150 dias de idade e peso inicial de 20,00 ± 3,00 kg, distribuídos em grupos alimentados com silagem de sorgo e concentrado nas proporções volumoso: concentrado de 50:50 e 70:30. Avaliaram-se variáveis ambientais como temperatura ambiente, umidade relativa e temperatura de globo negro, com

cálculo do ITGU e da carga térmica de radiação (CTR). Os parâmetros fisiológicos analisados foram frequência respiratória (FR), temperatura superficial (TS) e temperatura retal (TR), além dos índices de tolerância ao calor (ITC e CTC). O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com avaliações antes, durante e após o estresse térmico. As médias de temperatura ambiente ultrapassaram a zona de conforto térmico (20–30 °C) e a temperatura crítica (35 °C), sendo a TGNsol mais elevada às 13 h. O ambiente térmico influenciou significativamente as respostas fisiológicas. Imediatamente após o estresse, a FR aumentou ($P<0,05$), assim como a TS e a TR, com destaque para o genótipo Santa Inês, que apresentou maior TR nesse período. O genótipo Soinga demonstrou menor TS e TR ($P<0,05$) após o estresse, indicando maior adaptabilidade ao calor. As dietas não influenciaram as respostas fisiológicas nem a tolerância térmica. Conclui-se que o ambiente térmico exerce forte efeito sobre os genótipos e que o Soinga foi mais tolerante ao estresse térmico que o Santa Inês.

Palavras-chave: Adaptabilidade; Estresse térmico; Ovinos; Semiárido.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and compare the adaptability of Soinga and Santa Inês genotypes according to diet and thermal environment. Twenty-four male sheep, approximately 150 days old with an initial live weight of 20.00 ± 3.00 kg, were used and grouped by diet: sorghum silage and concentrate in roughage:concentrate ratios of 50:50 and 70:30. Environmental variables evaluated included ambient temperature, relative humidity, and black globe temperature, with the calculation of the black globe humidity index (BGHI) and radiation thermal load (RTL). Physiological parameters included respiratory rate (RR), surface temperature (ST), and rectal temperature (RT), along with heat tolerance indices (HTI and HTC). A completely randomized design was used in a factorial scheme, with evaluations before, during, and after thermal stress. Ambient temperatures exceeded the thermal comfort zone (20–30 °C) and the critical threshold (35 °C), with solar black globe temperature highest at 1 p.m. The thermal environment significantly affected physiological responses. Immediately after stress, RR, ST, and RT increased ($P<0.05$), with Santa Inês showing higher RT. Soinga had lower ST and RT ($P<0.05$) after stress, indicating greater heat adaptability. Diets did not influence physiological responses or thermal tolerance. It is concluded that the

thermal environment strongly affects the genotypes, and Soinga is more heat-tolerant than Santa Inês.

Keywords: Adaptability; Heat stress; Sheep; Semiarid region.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste concentra grande parte do rebanho ovino brasileiro e se destaca pelo potencial produtivo desta espécie, cujas características adaptativas favorecem sua produção nos mais variados ecossistemas da região (NOBRE et al., 2016).

O Semiárido se caracteriza por apresentar alta incidência de radiação solar e elevadas temperaturas, ocasionando condições estressantes aos animais durante grande parte do ano (Sousa Junior et al., 2008), tornando-se imprescindível avaliar a interação dos animais com o ambiente para conhecer a capacidade de adaptação dos genótipos explorados (NOBREGA et al., 2011).

Baccari Junior (2001) relata que a ingestão de alimentos também influencia a produção de calor nos ruminantes, a quantidade e a qualidade do alimento interferem na produção do calor endógeno, com consequente aumento das variáveis fisiológicas.

Em condições de temperaturas elevadas e reduzido gradiente térmico as formas sensíveis de perda de calor tornam-se menos eficazes, entrando em ação a termólise evaporativa por meio da frequência respiratória e sudorese para manutenção da homeotermia (NOBREGA et al., 2011; SOUZA et al., 2015).

O ambiente influencia significativamente a adaptação e a produtividade dos animais homeotérmicos. Com isso, o número de pesquisas relacionadas à identificação de genótipos mais adaptados tem se intensificado, objetivando minimizar as perdas econômicas decorrentes dos efeitos do clima sobre a produção animal nos trópicos (BORGES et al., 2016).

O estudo das variáveis ambientais e dos parâmetros fisiológicas tem o papel de diagnosticar as condições climáticas e identificar genótipos mais adaptados à determinada região (ROBERTO et al., 2014). Além dos parâmetros fisiológicos, são realizados testes de tolerância ao calor com o intuito de auxiliar a mensuração da adaptabilidade, através da capacidade animal em manter a homeotermia (ROCHA et al., 2009). Podendo dessa forma, preservar os recursos genéticos com elevado grau de tolerância ao calor para assegurar a produção, frente ao aquecimento global e as mudanças climáticas (SOUZA et al., 2015).

Devido à inexistência de trabalhos que comprovem cientificamente os atributos de rusticidade dos ovinos Soinga, se faz necessário avaliar como reagem ao estresse térmico e qual o grau de adaptação deles às condições de semiárido. Com isso, objetivou-se avaliar e comparar a adaptabilidade dos genótipos Soinga e Santa Inês em função da dieta e do ambiente térmico, através das respostas fisiológicas e dos testes de tolerância ao calor.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Local do estudo

O trabalho foi desenvolvido no setor de ovinocultura do Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada no município de Patos, PB, Brasil. A região se localiza a uma latitude 07° 05' 28" S, longitude 37° 16' 48" W, altitude de 250 m e apresenta um clima BSh (classificação Köppen), com temperatura anual média máxima de 32,9°C e mínima de 20,8°C e umidade relativa de 61% (BRASIL, 1992).

2.2 Animais e manejo experimental

Os procedimentos utilizados para o manejo e cuidados com os animais teve parecer consubstanciado orientado pelo regulamento interno do Comitê de Ética em Pesquisa/Comissão de Ética no Uso de Animais (C E P/CEUA) da UFCG/CSTR e foi aprovado sob o protocolo nº 55-2017, estando à luz das normas e regulamentos vigentes no país atendidas as especificações para a pesquisa científica.

Foram utilizados 24 ovinos machos não castrados, com aproximadamente 150 dias de idade, com peso vivo inicial médio de $20,00 \pm 3,00$ kg, divididos em grupos de 12 animais dos genótipos (Soinga e Santa Inês), ambos de origem no nordeste brasileiro. O Soinga é resultado do cruzamento entre as raças Bergamácia, Morada Nova Branca e Somalis Brasileiro e o Santa Inês das raças Bergamácia, Morada Nova, Somalis e ovinos sem raça definida (SRD). Antes do início do experimento todos os animais receberam tratamento anti-helmíntico e vacinação contra clostridioses. O período experimental foi de 15 dias de adaptação e 45 dias de coleta de dados, totalizando 60 dias entre os meses de setembro a dezembro de 2017.

Os animais foram confinados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento a uma altura de 2,25 m do chão e distribuído individualmente em baias de madeira com piso ripado medindo 1,0 m², contendo comedouro e bebedouro. Os animais receberam alimentação duas vezes ao dia (08e 16 h) de modo a permitir 10% de sobras e o fornecimento de água *ad libitum*. As dietas utilizadas foram compostas por silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e concentrado a base de farelo de soja, milho moído, núcleo mineral, calcário calcítico e cloreto de sódio nas relações volumoso:concentrado (50:50 e 70:30) Tabela 1. Ambas formuladas de acordo com as recomendações do National Research Council – NRC (2007) para promover um ganho de 200g/dia.

Tabela 1 Composição dos ingredientes e nutrientes das dietas com relação volumoso:concentrado (50:50 e 70:30) utilizadas durante o período experimental.

Ingredientes	% de matéria seca	
	V:C (50:50)	V:C (70:30)
Silagem de sorgo	50,00	70,00
Milho triturado	25,10	5,03
Farelo de soja	23,10	24,67
Núcleo mineral ^a	1,00	0,20
Calcário calcítico	0,30	0,10
NaCl ^b	0,50	0,00
Composição calculada		
Proteína bruta (PB)	16,44	16,44
Extrato etéreo (EE)	5,08	5,17
Fibra em detergente neutro(FDN)	36,29	45,76
Fibra em detergente ácido (FDA)	23,39	30,59
Nutrientes digestíveis totais (NDT)	67,28	62,28

^aNúcleo mineral: concentração por quilograma – 149,2 g de Ca, 80,0 g de P, 10,0 g de Mg, 139,0 de Na, 85,0 mg de Co, 12,0 mg de S, 1.300,0 mg de Fe, 100,0 mg de I, 1.000,0 mg de Mn, 140,0 mg K, 2500,0 mg de Zn e 800,0 mg de F.

^bNaCl: Cloreto de sódio

As amostras dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, durante 72h. Posteriormente, todos os alimentos foram processados em moinho de facas tipo Wiley (Tecnal[®], Piracicaba, BR), utilizando-se peneira com crivos de 1 mm e analisadas quanto aos teores de matéria seca (Método 967.03 - AOAC, 1990), proteína bruta (Método 981.10 - AOAC, 1990), extrato etéreo (Método 920.29 - AOAC, 1990). Os componentes da parede celular, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método de Van Soest et al. (1991). Para a estimativa de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) dos alimentos foram utilizadas as equações do NRC (2007).

2.3 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais temperatura ambiente (TA, °C), umidade relativa (UR, %), temperatura de globo negro (TGN, °C) foram registradas a cada hora, durante todos os dias de experimento por meio de um datalogger (HOBO®U12-013, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA) acoplado a dois globos negro, um instalado dentro do galpão e o outro no ambiente exposto a radiação solar direta. A leitura dos dados ambientais registradas no datalogger e a determinação do ponto de orvalho (PO, °C) foram realizadas pelo software (HOBOWare® versão 3.7.13, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA). Os valores da velocidade do vento (V, m s⁻¹) foram obtidos através do anemômetro digital (AM 4201, Lutron Electronic Enterprise CO., LTD, Taipei, TW).

Com os dados ambientais obtidos foi calculado o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na sombra e no sol, conforme proposto por Buffington et al. (1981), através da fórmula: $ITGU = T_{gn} + 0,36 * T_{po} + 41,5$ onde: T_{gn} é a temperatura do globo negro (°C) e T_{po} é a temperatura do ponto de orvalho (°C). A carga térmica de radiação (CTR) calculada dentro e fora do galpão foi estimada pela expressão citada por Esmay (1969): $CTR = \sigma (TRM)^4$, em que, CTR é dada em Wm⁻²; σ é a constante de Stefan- Boltzman ($5,67 * 10^{-8}$ Wm⁻² K⁻⁴) e TRM a temperatura radiante média(K). A TRM 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 a do ambiente considerado (BOND et al., 1954), obtida pela equação: $TRM = 100 * [2,51 * v^{1/2} * (T_{gn} - T_a) + (T_{gn}/100)^4]^{1/4}$, em que a TRM é dada em (K); v é a velocidade do vento em (m s⁻¹), T_a é a temperatura ambiente (K) e T_{gn} é a temperatura de globo negro (K).

2.4 Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos frequência respiratória (FR, mov m⁻¹), temperatura superficial (TS, °C) e temperatura retal (TR, °C), foram mensurados quinzenalmente às 13 h com todos os animais na sombra (antes do estresse), às 15h após uma hora de exposição à radiação solar direta (imediatamente após o estresse) e às 16 h quando estes já tinham retornado à sombra e permaneceram, na mesma, por mais uma hora (uma hora após o estresse).

A aferição da FR foi realizada por meio da auscultação indireta dos sons respiratórios, com o auxílio de um estetoscópio (Premium, Ningbo Yinzhou Wuhai Medical Instruments Factory, CN)

colocado ao nível da região torácica, contando-se o número de movimentos respiratórios em 15 segundos e posteriormente multiplicando-se este valor por quatro, obtendo-se assim, o número de movimentos respiratórios por minuto.

Foram realizadas imagens do lado direito de cada animal dos diferentes genótipos através da câmera termográfica de infravermelho (Fluke® Ti 25, Fluke Corporation, Washington, EUA) considerando-se emissividade de 0,98. Posteriormente os termogramas foram analisados pelo software (SmartView® versão 3.1, Fluke Corporation, Washington, EUA) e determinou-se a TS média do corpo do animal.

Para obtenção da TR utilizou-se um termômetro clínico digital com escala de 32 a 42,9 °C, (TH 150, G-TECH, Hangzhou Sejoy Eletronics & Instruments Co. Ltd., Honagzhou, CN) introduzido no reto do animal, permanecendo em contato com a mucosa até sinalização sonora indicando a estabilização da temperatura.

2.5 Testes de tolerância ao calor

O ITC avalia a eficiência termolítica dos animais, sendo expresso em uma escala de 0 a 10, na qual valores mais próximos de 10 indicam maior tolerância ao calor.

Para avaliação da adaptabilidade dos genótipos, calculou-se o Índice de Tolerância ao Calor (ITC), adaptado de Baccari Júnior et al. (1986), por meio da fórmula: $ITC = 10 - (TR_2 - TR_1)$ em que TR_2 corresponde à temperatura retal obtida às 16 h, após os animais permanecerem durante 1 h expostos à radiação solar direta e, posteriormente, retornarem ao ambiente sombreado por mais 1 h; e TR_1 corresponde à temperatura retal mensurada às 13 h, após 2 h de permanência dos animais à sombra. O ITC avalia a eficiência de dissipação do calor corporal, sendo expresso em uma escala de 0 a 10. Quanto mais próximo de 10 for o valor obtido, maior será o grau de tolerância ao calor apresentado pelo animal.

Com as médias de TR e FR foi calculado o coeficiente de tolerância ao calor (CTC) nos ambientes de sombra e de sol, através do teste de Benezra modificado de acordo com a fórmula $CTC = (TR/39,5 + FR/25)$ em que, TR é a temperatura retal e FR é a frequência respiratória. Quanto mais próximo de dois for o resultado do CTC mais adaptado ao calor está o animal.

2.6. Delineamento experimental e análise estatística

Para análise das respostas fisiológicas e do CTC foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 6 repetições num esquema fatorial 2 x 2 x 3, dois genótipos (Soinga e Santa Inês), duas dietas com relação volumoso:concentrado (50:50 e 70:30) e três horários de mensuração (13, 15 e 16 h), repetido no tempo. Para análise do ITC foi utilizado um DIC com 6 repetições num esquema fatorial 2 x 2, dois genótipos (Soinga e Santa Inês) e duas dietas com relação volumoso:concentrado (50:50 e 70:30). A análise de variância foi realizada utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas (SAEG - Versão 9.1, Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2007, Viçosa, MG, BR) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das variáveis ambientais TA e UR, bem como TGN, ITGU e CTR na sombra e no sol, observadas nos horários de registro dos parâmetros fisiológicos (13, 15 e 16 h) e a variação dessas variáveis obtidas durante todo o período experimental encontram-se na Figura 1.

As médias da TA encontram-se elevadas nos três horários, sendo que às 15 h foi registrada a maior média para esta variável, com uma amplitude térmica de 1,19 °C em relação ao valor obtido às 16 h, o mais baixo dos horários de avaliação. No entanto, todas as médias situaram-se acima da zona de conforto térmico (ZCT) para ovinos 20 a 30 °C e ultrapassaram a temperatura crítica de tolerância ao calor (35 °C) recomendado por Baêta e Souza (1997).

Nos trópicos a TA média situa-se em geral acima dos 20 °C e a temperatura máxima, nas horas mais quentes do dia, apresenta-se acima de 30 °C por grande parte do ano, muitas vezes atingindo a faixa entre 35 e 38 °C (Neves et al., 2009; Silva et al., 2015). No presente estudo, as médias de TA ficaram dentro dos limites mencionados pelos autores supracitados e de acordo com os resultados encontrados por Nobre et al. (2016) na mesma região (35,62; 36,44 e 36,02 °C) nos horários das 13, 15 e 16h respectivamente.

A TGN_{sol} não teve muita variação em relação a TA, situando-se 0,25 e 0,05 °C acima da TA nos horários das 13 e 15 h respectivamente e 0,33 °C abaixo, às 16 h. No entanto, a TGN_{sol} foi mais elevada em todos os horários em função da incidência de radiação solar direta, atingindo o maior valor às 13 h e menor às 16 h possivelmente devido a inclinação do sol. De acordo com Leite (2012) a TGN é um indicativo do efeito combinado da temperatura, velocidade do ar e da radiação,

podendo dessa forma, ser utilizada para avaliar o possível estresse que sofreria um animal nas mesmas condições ambientais.

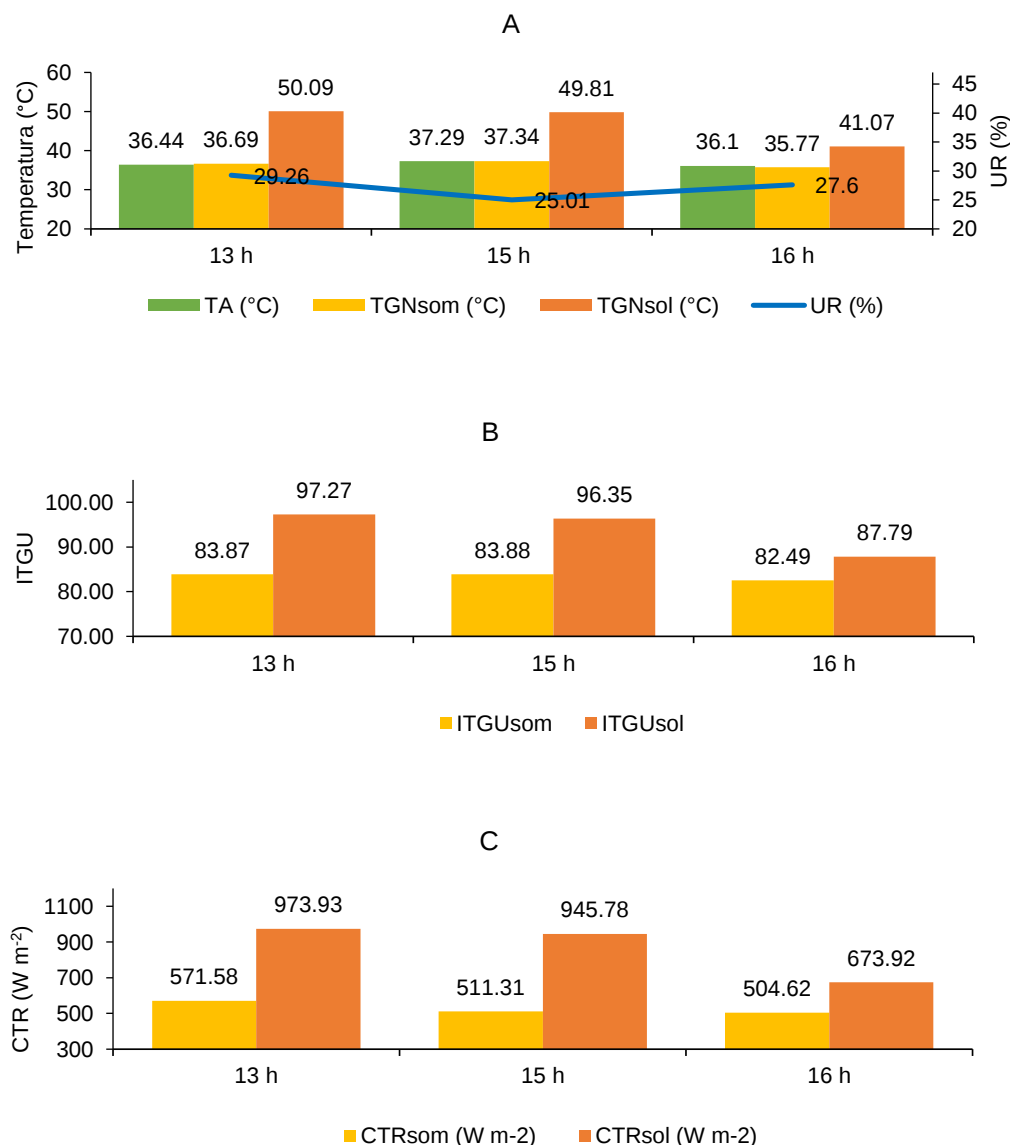


Figura 1. Médias das variáveis ambientais: temperatura ambiente - TA, umidade relativa -UR, temperatura de globo negro na sombra - TGNsom e no sol – TGNsol (A), índice de temperatura do globo negro e umidade na sombra - ITGUsom e no sol - ITGUsol (B) e carga térmica de radiação na sombra – CTRsom e no sol – CTRsol (C), nos horários das (13, 15e 16 h) durante o período experimental.

Em ambos os horários de avaliação a UR manteve-se baixa, caindo 4,25 % das 13 às 15 h e retornou a subir 2,59 % das 15 às 16 h quando a TA decresceu 1,19 °C em relação à média obtida

às 15 h. Todas as Médias de UR ficaram abaixo do recomendado para criação de animais domésticos, que acordo com Baêta e Souza (1997) situa-se de 50 a 70 %.

Em ambientes com temperatura elevada e umidade baixa a evaporação é rápida, podendo causar irritação cutânea e desidratação Starling et al. (2002), dessa forma, o desgaste decorrente da perda de água e eletrólitos como veículo de dissipação de calor, pode impor sérios prejuízos na manutenção da homeostase no organismo. No entanto, esses efeitos podem ser contornados através do suprimento de água para recompor as perdas de líquidos decorrentes do processo evaporativo de perda de calor.

Os valores médios de ITGU_{sol} não tiveram muita diferença em relação aos horários de observação, mantiveram-se muito próximo às 13 e 15 h com uma pequena redução (1,39) das 15 h às 16 h. No entanto, o ITGU_{sol} foi elevado nos três momentos de avaliação, contudo houve redução de 0,92 das 13 para às 15 h e 8,56 das 15 para às 16 h.

Os valores de ITGU registrados nos ambientes de sombra e de sol revelam condição de estresse para os animais submetidos a essas condições. Para Cezar et al. (2004) nas condições climáticas do semiárido o ITGU de 82,4 define situação de perigo térmico para ovinos Santa Inês, Dorper e seus mestiços. Segundo Souza (2010) ainda não existe uma tabela com os valores do ITGU para ovinos, no entanto, relata que um valor de ITGU igual a 83 pode indicar uma condição de estresse médio-alto para essa espécie. De acordo com Oliveira et al. (2011), numa situação em que o ITGU se encontra acima de 85, associando-se a parâmetros de conforto de calor como a FR, constataram que os ovinos encontravam-se em situação de estresse térmico.

A CTR_{sol} foi mais elevada às 13 h decrescendo 60,27 W m⁻² em relação às 15 h, e deste horário, para as 16 h a redução foi menor, na ordem de 6,69 W m⁻². Quanto a CTR_{som}, esta, foi mais elevada em relação a CTR_{som} com diferenças mais acentuadas nos horários das 13 e 15 h. A CTR_{sol} também foi mais alta às 13 h com apenas 28,15 W m⁻² de redução em relação às 15 h, e deste horário para as 16 h decresceu 271,86 W m⁻². Ribeiro et al. (2008) determinaram a CTR dentro de apriscos com piso de terra batida e cobertura de telhas cerâmicas e registraram valores de 519,8; 529,9 e 543,5 W m⁻², às 11; 13 e 15 h respectivamente, e relataram que esses valores se situam fora da ZCT para ovinos. Morais et al., (2008) avaliaram o estresse térmico de animais criados em ambiente Semiárido e observaram que nos meses mais quentes a CTR alcançava valores em média de 801,47 W m⁻².

No Semiárido a elevada TA alta CTR e baixa UR, são comumente observadas durante a maior parte do ano (LEITE, 2016). Nesses casos, verifica-se o estresse térmico, cujos indicadores são mudanças na taxa metabólica, na temperatura corporal e na frequência respiratória. Quando os mecanismos de termólise não são suficientes, os animais passam a estocar calor, o que eleva sua temperatura corporal (FAÇANHA et al., 2013).

As médias da frequência respiratória (FR), encontram-se na Tabela 2. A FR não diferiu estatisticamente ($P>0,05$) para genótipos e dieta. No entanto, imediatamente após o estresse às 15 h a FR foi significativamente ($P<0,05$) maior que nos ambientes antes do estresse às 13 h e 1 h após o estresse às 16 h.

Tabela 2 Médias da frequência respiratória (FR) dos genótipos Soinga e Santa Inês em função das dietas com relação volumoso:concentrado (50:50 e 70:30) e dos horários das 13, 15 e 16 h correspondentes aos ambientes antes do estresse, imediatamente após o estresse e uma hora após o estresse, respectivamente, durante o período experimental.

Fatores	FR (mov min ⁻¹)
Genótipos	
Soinga	116,7 ^a
Santa Inês	121,1 ^a
Dietas	
50:50	121,4 ^a
70:30	116,4 ^a
Horários	
13 h	107,5 ^b
15 h	159,4 ^a
16 h	89,7 ^b
CV ¹ (%)	22,8

Letras minúsculas diferentes (a, b), indicam diferença significativa, para cada fator, nas colunas ($P < 0,05$).
¹CV = Coeficiente de variação.

Silanikove (2000) relata que frequência respiratória de 40-60; 60-80 e 80-120 mov min⁻¹, caracteriza, estresse baixo, médio-alto e alto, respectivamente, e acima de 200 mov min⁻¹, seria caracterizado estresse severo em ovinos. Dessa forma, pode-se afirmar que os animais sofreram estresse alto e no horário das 15h após a exposição à radiação solar direta, sob TA mais alta e ITGU elevado o estresse foi mais consistente, demonstrado pelo aumento da FR que ultrapassou 120 mov min⁻¹. Os resultados do presente trabalho, corroboram com os encontrados por Nobre et al. (2016) que observarem que ovinos Santa Inês sofreram estresse médio-alto e alto devido aos elevados valores de ITGU no período da tarde nas condições climáticas do Semiárido.

McManus et al. (2009) descreveram que o aumento da FR é necessário para manter a homeotermia e evitar um aumento da temperatura corporal durante a exposição térmica. Eustáquio Filho et al. (2011) relataram que quando os mecanismos de perda de calor sensível não são eficazes o organismo animal utiliza mecanismos de dissipação de calor insensível, como a sudorese e frequência respiratória, para manter a temperatura corpórea constante. No entanto, quando o estresse é prolongado os animais podem estocar calor refletindo no aumento da temperatura do corpo.

A análise estatística não revelou efeito significativo ($P>0,05$) para a TS e para a TR em função da dieta. No entanto, houve interação dos genótipos com os ambientes em relação a TS e a TR Tabela 3. A TS dos dois genótipos diferiram significativamente ($P<0,05$) nos três ambientes, no ambiente imediatamente após o estresse às 15h a TS foi mais alta ($P<0,05$) comparada a dos demais ambientes e no ambiente antes do estresse às 13 h foi mais elevada ($P<0,05$) que no ambiente 1 h após o estresse às 16 h. Ao comparar os genótipos em cada ambiente houve efeito significativo ($P<0,05$) imediatamente após o estresse às 15 h, o genótipo Soinga apresentou menor TS em relação ao Santa Inês.

Tabela 3 Médias da temperatura superficial (TS) e da temperatura retal (TR) dos genótipos Soinga e Santa Inês em função dos horários das 13, 15 e 16 h correspondentes aos ambientes antes do estresse, imediatamente após o estresse e uma hora após o estresse, respectivamente, durante o período experimental.

Genótipos	Horários			CV (%)
	13 h	15 h	16 h	
Temperatura superficial (°C)				
Soinga	39,5 ^{Ba}	42,8 ^{Ab}	38,1 ^{Ca}	0,7
Santa Inês	39,6 ^{Ba}	46,1 ^{Aa}	36,2 ^{Ca}	
Temperatura retal (°C)				
Soinga	39,2 ^{ABa}	39,5 ^{Ab}	39,2 ^{ABa}	2,2
Santa Inês	39,3 ^{Ba}	39,9 ^{Aa}	39,3 ^{Ba}	

Letras maiúsculas diferentes (A, B) indicam diferença significativa na linha ($P < 0,05$).

Letras minúsculas diferentes (a, b), indicam diferença significativa, entre genótipos, nas colunas ($P < 0,05$).

¹CV = Coeficiente de variação.

A TR no genótipo Soinga foi semelhante nos três horários de aferição, mostrando-se capaz de manter a temperatura corpórea sem alterações mesmo em condições ambientais mais estressantes. No genótipo Santa Inês houve diferença significativa ($P<0,05$) em função dos horários, observando-se uma maior TR imediatamente após o estresse às 15 h. Quando comparado os dois genótipos não houve diferença significativa ($P<0,05$) no ambiente antes do estresse às 13 h

e no ambiente 1 h após o estresse às 16 h. No entanto, imediatamente após o estresse às 15 h o genótipo Soinga apresentou TR significativamente ($P<0,05$) menor que o genótipo Santa Inês demonstrando ser mais adaptado as condições de estresse térmico.

Nos três ambientes a TS foi estatisticamente diferente, variando de acordo com as alterações da TA e a exposição dos animais à radiação solar direta sobre alta CTR. Eustáquio Filho et al. (2011) relataram que a temperatura do pelame sofre forte influência da temperatura ambiental causando aumento do fluxo sanguíneo do núcleo central para superfície do animal e, conseqüentemente, elevação da taxa de fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais. De acordo com as perdas evaporativas, grande quantidade de calor é removida da pele por vaporização, e o sangue que circula pelas superfícies corpóreas torna-se mais refrigerado (BAÊTA & SOUZA, 1997).

Avaliando os dois genótipos nas mesmas condições ambientais o Soinga apresentou TS significativamente ($P<0,05$) menor que o Santa Inês imediatamente após o estresse térmico às 15 h. Tal fato, pode estar atrelada a diferença da cor de pelagem dos dois grupos genéticos uma vez que o Soinga apresenta pelagem clara ocorreu maior refletividade dos raios solares e o Santa Inês devido a pelagem escura absorveu mais energia térmica. Silva et al. (2003) citam que animais com pelos mais claros refletem mais energia térmica e absorvem entre 40 e 50% menos radiação do que aqueles com pelagem escura.

Silva et al. (2015) preconizam que em ambientes de alta radiação térmica, a combinação mais adequada seria pelo branco sobre epiderme negra. McManus et al. (2011) ao observarem a relação entre a cor da pele e do pelo de ovinos sobre a tolerância ao calor relataram que entre os animais da raça Santa Inês, os de pelo branco apresentaram melhores parâmetros de adaptação comparado aos de pelo marrom.

A TR dos dois genótipos nos ambientes antes do estresse e 1 h após o estresse às 13 e 16 h, respectivamente, permaneceu próximo da normalidade, que para a espécie é em média de 39,1 °C (Reece, 2017). No entanto, a TR do genótipo Santa Inês foi significativamente ($P<0,05$) mais elevada imediatamente após o estresse às 15 h diferindo dos demais ambientes e do genótipo Soinga, e atingiu o limite máximo para a espécie, que é de 39,9 °C (LIU et al., 2012). O aumento da TR dos ovinos Santa Inês pode ter ocorrido devido ao acúmulo de calor decorrente da maior absorção de energia térmica quando exposto a elevada CTR, alta TA e ITGU acima de 96.

Os resultados de TR do presente trabalho foram inferiores ao encontrado por Cezar et al. (2004), avaliando genótipos Santa Inês, Dorper e seus mestiços em sistema semi-intensivo, verificaram TR de 40 °C no período da tarde sobre ITGU de 82,4. Batista et al. (2014) não observaram diferença significativa com relação à TR de ovinos mestiços Santa Inês com Dorper de pelagem preta (40,2 °C) e branca (40,3 °C) após exposição à radiação solar direta nas condições de 89,1 de ITGU.

De acordo com os resultados do ITC não houve diferença significativa ($P>0,05$) para genótipos e dietas. A média do ITC de 9,9 demonstrou a capacidade dos animais em dissipar o calor absorvido e retornarem à condição antes do estresse, visto que, na escala de (0 a 10), quanto mais próximo de 10, mais adaptado é o animal (BACCARI JUNIOR et al., 1986). De acordo com Costa et al. (2014), as raças Santa Inês e Dorper ao apresentar ITC de (9,8 e 9,6), respectivamente, demonstraram ser bem adaptadas as condições climáticas do Semiárido.

Para Souza et al. (2010) o uso isolado do ITC pode ser ineficaz para conclusões consistentes. Mesmo o animal tendo a capacidade de dissipar o calor adquirido pela radiação direta, quando é reconduzido à sombra, não é revelado o grau de estresse sofrido, nem os meios utilizados para retornar a homeostase. Dessa forma, faz-se necessário a utilização do CTC, visto que este pode quantificar o estresse sofrido imediatamente após a exposição à radiação direta e após o período na sombra.

As médias do CTC encontram-se, na Tabela 4. O CTC não diferiu estatisticamente ($P>0,05$) para genótipos e dieta. No entanto, imediatamente após o estresse às 15 h o CTC foi significativamente ($P<0,05$) maior que nos ambientes antes do estresse às 13 h e 1 h após o estresse às 16 h.

Considerando que o CTC ideal seria 2, pode-se observar que em todos os fatores avaliados o CTC se distanciou do valor de referência, demonstrando que os animais sofreram estresse térmico, necessário a alteração das suas respostas fisiológicas para dissipar o calor corpóreo. Imediatamente após o estresse às 15h, o CTC mais elevado, associou-se aos valores mais altos de TR e FR nas mesmas condições ambientais. Souza et al. (2010) relataram que a FR é um parâmetro relevante na resposta ao estresse térmico, e tem alta correlação com o CTC, contribuindo para a eficácia do teste.

Tabela 4 Médias do coeficiente de tolerância ao calor (CTC) dos genótipos Soinga e Santa Inês em função das dietas com relação volumoso:concentrado (50:50 e 70:30) e dos horários das 13, 15 e 16 h correspondentes aos ambientes (antes do estresse, imediatamente após o estresse e uma hora após o estresse) respectivamente, durante o período experimental.

Fatores	CTC
Genótipos	
Soinga	5,7 ^a
Santa Inês	5,9 ^a
Dietas	
50:50	5,9 ^a
70:30	5,7 ^a
Horários	
13 h	5,3 ^b
15 h	7,4 ^a
16 h	4,7 ^b
CV ¹ (%)	19,1

Letras minúsculas diferentes (a, b), indicam diferença significativa, para cada fator, nas colunas (P <0,05).

¹CV = Coeficiente de variação.

Avaliando a tolerância ao calor de ovinos mestiços Santa Inês com Dorper, Pires et al. (2015) descreveram que os genótipos obtiveram CTC elevado, na ordem de 7,22, antes do estresse; 10,17, imediatamente após o estresse e 7,83, 1 h após o estresse devido ao aumento da FR registrada nas mesmas condições e aos elevados valores de ITGU na sombra e no sol.

4 CONCLUSÕES

As dietas não influenciaram nas respostas fisiológicas e na tolerância ao calor dos genótipos Soinga e Santa Inês. No entanto, o ambiente térmico exerceu forte efeito sobre os parâmetros fisiológicos dos genótipos, sendo que o Soinga se mostrou mais adaptado as condições de estresse por calor que o Santa Inês.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, DC: AOAC, 1990.

BACCARI JR., F. Manejo ambiental para produção de leite nos trópicos. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1., 1986. **Anais...** p. 45-53.

- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- BATISTA, N. L. et al. Tolerância ao calor em ovinos de pelames claro e escuro submetidos ao estresse térmico. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 4, p. 102-108, 2014.
- BOND, T. E. et al. Radiation studies of painted shade materials. **Agricultural Engineering**, v. 35, p. 389-392, 1954.
- BORGES, L. S. et al. O ambiente semiárido brasileiro influencia as respostas fisiológicas de caprinos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 1, p. 17-21, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 711-714, 1981.
- CEZAR, M. F. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 614-620, 2004.
- COSTA, J. H. S. et al. Caracterização do ambiente térmico e adaptabilidade de reprodutores ovinos nativos e exóticos no Cariri paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 350-355, 2014.
- EUSTÁQUIO FILHO, A. et al. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1807-1814, 2011.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2. ed. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, 1969.
- FAÇANHA, D. A. E. et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 91-103, 2013.
- LEITE, J. H. G. M. **Aspectos morfofisiológicos associados ao equilíbrio térmico de ovelhas da raça Morada Nova**. 2016. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2016.
- LEITE, J. R. D. S. et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 443-448, 2012.

LIU, H. W.; CAO, Y.; ZHOU, D. W. Effects of shade on welfare and meat quality of grazing sheep under high ambient temperature. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 13, p. 4764-4770, 2012.

McMANUS, C. et al. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, n. 1, p. 95-101, 2009.

McMANUS, C. et al. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, n. 1, p. 121-126, 2011.

MORAIS, D. A. E. F. et al. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 538-545, 2008.

NEVES, M. L. M. W. et al. Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 169-175, 2009.

NOBRE, I. D. S. et al. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 116-126, 2016.

NÓBREGA, G. H. et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids**. 1. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2007.

OLIVEIRA, P. T. L. et al. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes proteicas. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 185-192, 2011.

PIRES, J. P. S. et al. Avaliação da tolerância ao calor de ovinos mestiços $\frac{1}{2}$ Dorper + $\frac{1}{2}$ Santa Inês suplementados com diferentes níveis de ionóforo no semiárido da Paraíba. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 30-36, 2015.

REECE, W. O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

RIBEIRO, N. L. et al. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 614-623, 2008.

ROBERTO, J. V. B. et al. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 11-19, 2014.

ROCHA, R. R. C. et al. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1165-1172, 2009.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1-2, p. 1-18, 2000.

SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. N. Adaptabilidade de ovinos e estratégias para minimizar os efeitos do clima em regiões tropicais. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 1, p. 20-27, 2015.

SILVA, R. G.; LA SCALA JR., N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. **Transactions of the ASAE**, v. 46, n. 3, p. 913-918, 2003.

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. 1, p. 59-65, 2010.

SOUZA, B. B.; BENÍCIO, A. W. A.; BENÍCIO, T. M. A. Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 2, p. 42-50, 2015.

SOUSA JÚNIOR, S. C. et al. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semiárida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 127-137, 2008.

STARLING, J. M. C. et al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002.

VAN SOEST, P. V. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.