



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARTA DA COSTA SOUSA

**USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E TEMPERATURA RETAL
PARA AVALIAR A TOLERÂNCIA AO CALOR DE OVINOS SOMALIS EXPOSTOS
À RADIAÇÃO SOLAR DIRETA**

FORTALEZA

2023

MARTA DA COSTA SOUSA

USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E TEMPERATURA RETAL PARA
AVALIAR A TOLERÂNCIA AO CALOR DE OVINOS SOMALIS EXPOSTOS À
RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S697u Sousa, Marta da Costa.
Uso da Termografia de Infravermelho e Temperatura retal para avaliar a tolerância ao calor de ovinos Somalis expostos à radiação solar direta / Marta da Costa Sousa. – 2023.
34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto.

1. Regiões do corpo. 2. Temperaturas superficiais. 3. Termogramas. I. Título.

CDD 636.08

MARTA DA COSTA SOUSA

USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E TEMPERATURA RETAL PARA
AVALIAR A TOLERÂNCIA AO CALOR DE OVINOS SOMALIS EXPOSTOS À
RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Evandra da Silva Justino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida, e por proporcionar este momento tão especial em minha vida. Sua presença constante tem sido uma fonte de apoio e força nos momentos de luta, tornando-se ainda mais evidente durante esse ano de 2023, marcado por dificuldades. Expresso minha gratidão não apenas pelos momentos de luta, mas também pelas alegrias que vivenciei e que ainda espero vivenciar ao longo da minha vida.

Agradeço também a mim mesma, por todo esforço, dedicação, força de vontade e por, acordar cedo diariamente em busca dos objetivos, por todo amor e empenho dedicados aos animais, por persistir, mesmo diante das dificuldades que me faziam querer chorar sem ter tempo livre, e por sempre lutar e nunca desistir.

Ao meu pai, falecido, José Airton, que, de onde estiver, certamente estará muito feliz pela minha vitória.

A minha mãe, Maria do Socorro, e ao seu companheiro, Flávio, por todo o apoio, ensinamentos, ajuda, dedicação e confiança. Agradeço também pelas orações nas manhãs em que saía de casa cedo, caminhando ou pedalando, até a rodoviária. Obrigado por tudo; é gratificante ver a alegria estampada no rosto e o orgulho refletido nos olhos de vocês.

Ao meu esposo, Wladson Nunes, agradeço por estar sempre ao meu lado, ajudando-me, dando-me forças, e participando ativamente das atividades. Sou grata pela contribuição financeira nas passagens, pelo apoio nos manejos aos finais de semana, por acordar cedo para me levar à rodoviária e por compartilhar a jornada acadêmica de formação em Zootecnia comigo. Obrigada.

Aos meus irmãos, por contribuírem de diversas formas ao longo desses 5 anos de jornada. Agradeço também à minha tia Irismar, que sempre esteve disponível para me auxiliar quando necessário, especialmente nas idas ao salão para me arrumar.

Agradeço também às minhas amigas Bruna Vitória, Valesca Abreu e Larissa Baia. Nessa caminhada, ninguém soltou a mão de ninguém, e nos encontramos formadas pela Universidade Federal do Ceará.

Ao setor de Ovinocaprinocultura (DZ/CCA/UFC) por proporcionar-me aprendizado e despertar o amor por essa área. Agradeço também, pelo desenvolvimento de minicursos, pela atuação como gerente, por ter feito parte como integrante do setor financeiro e, pelos experimentos realizados.

Aos bolsistas do setor de Ovinocaprinocultura e aos demais amigos que conquistei durante a graduação, expresso meu sincero agradecimento por todas as formas de apoio.

Aos funcionários, do setor de Ovinocaprinocultura, pelos manejos realizados durante a semana e nos finais de semana, assim como pela amizade construída.

Ao Clécio, à Roberta e ao Marcelo pelos “aperreios” em relação aos períodos de estágio, horas complementares, disciplinas, e toda assistência com documentação, e kits de higiene para o setor.

A banca avaliadora, em nome do professor Dr. Aderson Martins Viana Neto, da Evandra da Silva Justino e de Pedro Henrique Watanabe, muito obrigada por aceitar este convite, se fazendo presentes neste momento especial que é a apresentação do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao professor e orientador Dr. Aderson Martins Viana Neto, por ter paciência, por ter me dado essa oportunidade, por todo apoio, conselhos e ensinamentos.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos ao longo dessa jornada. Cada um de vocês contribuiu de maneira significativa, fornecendo ensinamentos valiosos que levarei para minha vida profissional e pessoal.

Aos dois anos nos quais tive a oportunidade de participar da bolsa PAIP. Essa experiência não apenas contribuiu para reduzir minha timidez em público, mas também me permitiu conhecer e interagir com os alunos dos semestres iniciais, algo que, de outra forma, seria difícil de alcançar.

A Todos que não foram citados, mas que contribuíram de alguma forma.

Bem-aventurado todo aquele que teme ao Senhor e anda nos seus caminhos. Pois comerás do trabalho das tuas mãos; feliz serás, e te irá bem. A tua mulher será como a videira frutífera, no interior da tua casa; os teus filhos como plantas de oliveira, ao redor da tua mesa. Eis que assim será abençoado o homem que teme ao Senhor. De Sião o Senhor te abençoará; verás a prosperidade de Jerusalém por todos os dias da tua vida, e verás os filhos de teus filhos. A paz seja sobre Israel.

Salmos 128 - A família abençoada

RESUMO

A produção animal nos trópicos é limitada principalmente por conta do estresse térmico imposto aos animais por provocar alterações de comportamento e aumento das temperaturas superficiais. Assim, o objetivo no estudo foi mensurar as temperaturas superficiais de diferentes regiões do corpo, bem como o ganho e a perda de calor, por meio de termografia de infravermelho, de carneiros Somalis submetidos a estresse térmico, criados em clima tropical semiúmido. Para tanto, cinco carneiros Somalis (12 meses; $27,6 \pm 0,58$ kg) alimentados com feno de Tifton e concentrado a fim de atender suas exigências nutricionais (NRC, 2007), sendo alocados em baia coletiva (56 m²), obtendo ainda os valores de temperatura e umidade relativa do ar, para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU; Thom, 1959), bem como o valor de radiação solar (W/m²). Assim, foram avaliadas a temperatura retal e superficial de pontos das regiões da cabeça, tronco e escroto em três momentos: à sombra, imediatamente após 60 minutos de exposição à radiação solar (das 12:00 às 13:00 h) e, duas horas após a esta exposição (à sombra). Os termogramas obtidos foram analisados com uso do software Infrared Reporter, das áreas olho, fronte, barbela, orelha, focinho, pescoço, peito, espádua, costado, ventre, perna, nádegas, garupa, bem como, do escroto em porção cranial, medial e epididimária. Os dados foram analisados por ANOVA para medidas repetidas e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Durante o período experimental foram observadas maiores temperaturas, ITU e radiação solar no intervalo das 12:00h às 13:00h (40,1 °C; 90,4; 741,6 W/m², respectivamente), caracterizando uma situação de emergência. Para a temperatura retal, houve aumento em 0,6 °C com posterior perda de 0,4 °C. Quanto às alterações de temperatura na região da cabeça, todas as áreas evidenciaram aumento na temperatura após o momento de exposição à radiação solar, destacando a fronte com ganho de 2,6 °C. Na região do tronco, evidencia-se a espádua e garupa com maiores ganhos de temperatura (3,9 °C e 3,6 °C). Quanto ao escroto, houve um aumento de temperatura da região cranial em 1,6 °C com perda de 2,6 °C. Ainda, pode-se evidenciar um aumento de temperatura na região medial em 1,2 °C e perda de 1,9 °C, assim como, a epididimária, com expressivo aumento na temperatura em 1,7 °C. Contudo, após 2 horas à sombra, todas as regiões tiveram sua temperatura reduzida, sendo inferior ao momento pré-exposição. Portanto, conclui-se que o uso da termografia de infravermelho foi eficiente na determinação dos processos de ganho e perda de calor com destaque a região da cabeça, demonstrando a tolerância dos carneiros Somalis criados em clima tropical semiúmido em retornar a sua temperatura ao momento pré-exposição.

Palavras-chave: regiões do corpo; temperaturas superficiais; termogramas.

ABSTRACT

Animal production in the tropics is limited mainly by the heat stress imposed on animals, which causes physiological and behavioral changes. The aim of this study was to measure the surface temperatures of different regions of the body, as well as heat gain and loss, using infrared thermography, of Somali sheep subjected to heat stress and raised in a semi-humid tropical climate. Therefore, five Somali rams (12 months; 27,6 + 0,58 kg) were fed Tifton hay and concentrate (NRC, 2007), and allocated to a collective pen (56 m²). The temperature and relative humidity values were obtained in order to calculate the temperature and humidity index (ITU) as well as the solar radiation value (W/m²). The rectal and surface temperatures of points on the head, trunk and scrotum were assessed at three different times: in the shade, immediately after 60 minutes of exposure to solar radiation (from 12:00 to 13:00) and two hours after this exposure (in the shade). The thermograms obtained were analyzed using the Infrared Reporter software and areas of the eye, forehead, dewlap, ear, muzzle, neck, chest, shoulder blade, back, belly, leg, buttocks and croup were evaluated, as well as the cranial, medial and epididymal portions of the scrotum. The data was analyzed using ANOVA for repeated measures and the means were compared using the Tukey test at 5% significance. During the experimental period, the highest temperatures, THI and solar radiation were observed between 12:00h and 13:00h (40.1 °C; 90.4; 741.6 W/m², respectively), characterizing an emergency situation. As a result of the stressful conditions, rectal temperature increased by 0.6 °C with a subsequent loss of 0.4 °C after two hours in the shade. As for temperature changes in the head region, all areas showed an increase in temperature after exposure to solar radiation, with the forehead standing out with a gain of 2.6 °C. In the trunk region, the shoulder and rump showed the greatest temperature gains (3.9 and 3.6 °C). As for the scrotum, there was an increase in temperature in the cranial region (1.6 °C) with a loss of 2.6 °C, as well as in the medial region (1.2 °C) with a loss of 1.9 °C, while the epididymal region showed an increase of 1.7 °C. However, after two hours in the shade, all regions had their temperature reduced, which was lower than pre-exposure. Therefore, it can be concluded that the use of infrared thermography was efficient in determining the heat gain and loss, especially in the head region, demonstrating the tolerance of Somali rams reared in a semi-humid tropical climate to return to their pre-exposure temperature.

Keywords: body regions; temperatures surface; thermograms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01** - Imagens termográficas das regiões da cabeça (A), tronco (B) e escroto (C) de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, evidenciando as áreas às quais se obteve as temperaturas superficiais.....17
- Figura 02** - Termogramas evidenciando as regiões da cabeça (A, B, C), tronco (D, E, F) e escroto (G, H, I) e sua faixa de temperatura de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....18
- Gráfico 01** - Diferenças entre as temperaturas retal e escrotal de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....20

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Parâmetros ambientais obtidos por um datalogger referentes a diferentes momentos de exposição à radiação solar de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....	17
Tabela 02 - Temperaturas superficiais da região da cabeça de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....	19
Tabela 03 - Temperaturas superficiais da região do tronco de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....	19
Tabela 04 - Temperaturas superficiais de diferentes regiões do escroto de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.....	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1	Animais experimentais.....	14
2.2	Delineamento experimental.....	14
2.3	Local e manejo experimental.....	15
2.4	Parâmetros ambientais.....	15
2.5	Termografia de infravermelho.....	16
2.6	Análise estatística.....	17
3	RESULTADOS.....	17
4	DISCUSSÃO.....	21
5	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura representa uma atividade de grande importância histórica, social, e econômica, em especial para famílias de menor poder aquisitivo. Do ponto de vista econômico, na produção de ruminantes, destaca-se como a segunda principal atividade de exploração, ficando atrás apenas da criação de bovinos. Além disso, é explorada nas mais diversas regiões climáticas em todo o mundo (SANTOS et al.,2011).

O rebanho de ovinos no Brasil corresponde a um efetivo total de 21.514.274 cabeças, e na região Nordeste do Brasil, o estado da Bahia e Ceará totalizam 7,2 milhões de cabeças (IBGE, 2022).

O estado do Ceará se destaca por apresentar clima semiárido e é predominantemente caracterizado pelo bioma caatinga, apresentando elevada incidência de radiação solar e elevada temperatura do ar que variam entre 32°C e 33°C, atingindo máximas de 40°C. Além disso, apresenta amplitudes de 5°C a 10°C e pluviosidades geralmente inferiores a 500 milímetros (IPECE, 2013). Diante das características ambientais específicas da região, é relevante destacar que o rebanho nordestino, em sua vasta maioria, é composto por animais reconhecidos como nativos e rústicos, os Sem Padrão Racial Definido (SPRD) e animais das raças Santa Inês, Morada Nova e Somalis, as quais têm contribuído positivamente para o cenário pecuário nordestino, especialmente devido à sua adaptação às condições climáticas dessa região (CEZAR, 2004).

Os ovinos são animais homeotérmicos, ou seja, conseguem manter sua temperatura corporal dentro de certos limites, independentemente da flutuação da temperatura ambiente e variação intensa da sua atividade (SOUSA, 2012). Sendo assim, esses animais conseguem manter esse mecanismo por meio de variações fisiológicas, metabólicas e comportamentais definidas como homeotermia que se constitui pelo equilíbrio entre a termogênese, que é o calor produzido pelo metabolismo, e a termólise, que é o fluxo de calor perdido para o ambiente. De acordo com Sousa e Batista (2012), o animal perde calor para o ambiente através de duas formas: sensível e latente.

A produção animal nos trópicos, independente da espécie, é limitada principalmente pelo estresse térmico. Com o advento do aquecimento global, têm se observado mudanças climáticas drásticas, resultando em aumento da temperatura ambiente e diminuição das chuvas em diferentes regiões do mundo, expondo cada vez mais espécies e

raças de animais a uma condição estressante (SOUZA et al., 2005).

Nesse contexto, caracteriza-se como estresse térmico o resultado da inabilidade do animal em dissipar calor suficientemente para manter sua homeotermia (WEST, 1999). Sendo assim, os animais possuem uma zona de termoneutralidade em que estão no seu estado ótimo de produção sem a necessidade de mobilizar energia para manter a temperatura corporal, do contrário, em situações de estresse térmico, os animais buscam a sobrevivência por meio da termorregulação (FUQUAY, 1981). Quando o animal tem que alterar a sua fisiologia e o seu comportamento para se adaptar a uma condição adversa, tanto do ambiente, quanto de manejos, ele se encontra em estresse térmico.

Dessa maneira, os animais sofrem o ano todo com altos índices de temperatura e umidade (ITU), levando-os ao estresse térmico. Ao estabelecer os ITUs, se torna possível avaliar as condições climáticas da produção e o impacto sobre os animais, estabelecendo práticas de manejo para melhorar a condição de estresse (RODRÍGUEZ, 2019).

Sendo assim, é de acordo com o desafio climático que os animais respondem às situações de estresse térmico, uma vez considerado intenso, se desencadeia respostas de adaptação a curto e longo prazo. A curto prazo os animais sofrem alterações na fisiologia, no sistema imunológico e no comportamento, buscando sobretudo a sobrevivência. A longo prazo, os desafios estão voltados em direção ao desempenho, ou seja, ao crescimento, produção e reprodução (RODRÍGUEZ, 2019).

Ademais, a produção animal conta com uso de novas ferramentas que promovem o conforto e bem-estar animal. Com isso, surgiu a Termografia de Infravermelho (IRT) que é uma técnica de visualização moderna, não invasiva e indolor, de identificação visual, do perfil térmico de qualquer superfície ou material, desde que a temperatura se encontre acima do zero absoluto, a partir da radiação de infravermelho. A IRT é útil para avaliar o estresse térmico dos animais, pois formam termogramas capazes de mensurar a termogênese, mapeando a distribuição térmica pelas regiões do corpo, como forma de avaliar as condições térmicas.

Além disso, a IRT não produz efeitos colaterais nos corpos examinados, portanto pode ser indicada para uso contínuo e repetido (ALVES et al., 2020). Em adição, a temperatura retal mensurada por um termômetro clínico é o meio mais utilizado para aferir a temperatura corporal, quantificando a adversidade do ambiente térmico sobre os animais.

O estudo foi realizado com ovinos da raça Somalis Brasileira, animal inserido no grupo conhecido por “garupa gorda” que funciona como uma reserva de energia para a

sobrevivência nas épocas de escassez alimentar. São originários da região formada pela Somália e Etiópia. Esses animais originaram-se após seleção e adaptação local da raça Blackhead Persian, introduzida no Brasil no ano de 1939, por criadores do Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, por não haver adaptação ao clima do local, foram trazidos ao Nordeste e disseminaram-se particularmente nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

São animais deslanados com aptidão para carne e pele, de porte médio, possuindo pelagem branca com cabeça e pescoço em geral de tonalidade preta, embora a presença de tons vermelhos seja admissível. Os pelos são brancos e curtos, a cabeça de tamanho médio com perfil retilíneo e ausência de chifres. A cauda é curta e de terminação afilada (ARCO, 2010). Além disso, a raça Somalis Brasileira apresenta rusticidade, com baixo índice de mortalidade, sendo bastante adaptada ao semiárido nordestino.

Desse modo, a quantificação do impacto climático sobre o animal permite obter uma melhor compreensão da magnitude das mudanças fisiológicas e dos potenciais indicadores da resposta animal, possibilitando a seleção de animais mais tolerantes ao calor (NIENABER, 2007). Assim, o objetivo deste estudo foi mensurar as temperaturas superficiais das diferentes regiões do corpo, e analisar o ganho e a perda de calor, por meio de termografia de infravermelho, em carneiros da raça Somalis submetidos a estresse térmico, criados em clima tropical semiúmido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais experimentais

O estudo foi aprovado pela comissão de ética para uso de animais de produção da Universidade Federal do Ceará (CEUAP-UFC) sob protocolo 0710202201.

2.2 Delineamento experimental

Cinco carneiros Somalis, alocados em baia coletiva e alimentados com feno de Tifton e concentrado, foram submetidos à radiação solar direta por 60 minutos, semanalmente, a fim de avaliar alterações fisiológicas e temperatura superficial em decorrência do estresse térmico. O período experimental teve uma duração de oito

semanas, sendo realizado nos meses de novembro a janeiro de 2023. Para obtenção do índice de temperatura e umidade (ITU) foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar através de um datalogger (AkSO 172), e os dados sobre radiação solar foram obtidos a partir de dados públicos da Coordenadoria de Políticas Ambientais – CPA (Prefeitura Municipal de Fortaleza). Assim, após o período de adaptação às instalações e à dieta, foram realizadas mensurações semanais totalizando três coletas de dados por dia, da temperatura superficial quando os animais estavam à sombra, antes da exposição à radiação solar (11:30h); imediatamente após sua exposição à radiação solar direta, onde permaneceram por 60 minutos (das 12:00h às 13:00h); e, após duas horas à sombra (13:00h às 15:00h). Dessa forma, foram avaliados a temperatura retal, em °C, mensurada com uso de um termômetro digital inserido a 5 centímetros no reto do animal, e a temperatura superficial por meio de termografia de infravermelho a uma distância de um metro do animal.

2.3 Local e manejo experimental

O estudo foi realizado no Setor de Ovinocaprinocultura (-3°43'6"; -38°32'36") do Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza - CE, com clima predominante tropical semiúmido (Aw; KOPPEN, 1948). Ademais, foram utilizados cinco carneiros da raça Somalis, com idade de 10 a 12 meses, pesando $27,6 \pm 0,58$ kg, previamente avaliados quanto à sanidade, sendo ainda vacinados e vermifugados. Os animais foram alocados em uma baia coletiva de 56 m², equipada com áreas de piso de areia (40 m²) e piso cimentado (16 m²), provida de comedouro e bebedouro; receberam dieta composta por feno de Tifton e concentrado, de acordo com as diretrizes nutricionais estabelecidas pelo NRC (2007), nos turnos da manhã (08:00h) e tarde (16:00h), dispondo também de acesso livre a sal mineral e água. Ademais, diariamente era realizada a limpeza da baia, sendo retirado o excesso de esterco dos animais.

2.4 Parâmetros ambientais

Objetivando caracterizar o ambiente, foram coletados dados de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) por meio de datalogger (AK 172, AKSO), a fim de obter o índice de temperatura do ar e umidade (ITU; Thom, 1959):

$ITU = 0,8 \times TA + (UR / 100) \times (TA - 14,4) + 46,4$, onde:

ITU: Índice de Temperatura e Umidade

TA: Temperatura do ar (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

2.5 Termografia de infravermelho

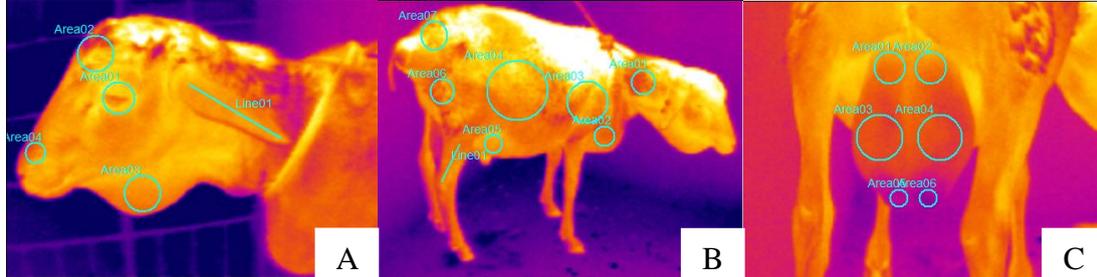
A fim de obter os termogramas dos animais foi utilizada uma câmera termográfica de infravermelho (Hottec® HT31) com calibração automática e emissividade de 0,96. As imagens foram obtidas semanalmente quando os animais estavam à sombra (11:30 h), imediatamente após a exposição à radiação solar (13:00 h) e após duas horas à sombra, em relação ao fim da exposição à radiação solar (15:00 h). Para obtenção das imagens, os animais permaneciam contidos, sob reduzida manipulação, evitando estressá-los, mantendo a distância de um metro do observador.

Posteriormente os termogramas foram analisados pelo software Infrared Reporter, através do qual, com uso da ferramenta área, foram obtidas as temperaturas médias (°C) das regiões do olho, fronte, barbela, focinho, pescoço, peito, espádua, costado, ventre, nádegas, garupa e escroto (região cranial e medial do testículo, e; cauda do epidídimo) (Figuras A, B e C).

No mais, a temperatura retal foi mensurada por meio de um termômetro digital inserido diretamente no reto do animal. Esse parâmetro foi coletado para demonstrar a diferença de temperatura entre a retal e a escrotal. Sendo assim, a temperatura escrotal deve estar entre 2 °C – 8 °C abaixo da temperatura interna do núcleo central do animal para que não afete a espermatogênese.

Além disso, utilizou-se ainda a ferramenta linha para medir a temperatura média (°C) da orelha e da perna e todas as áreas analisadas foram delimitadas com o mesmo tamanho. Cabe salientar que as imagens do tronco foram coletadas do lado direito do animal.

Figura 01. Imagens termográficas das regiões da cabeça (A), tronco (B) e escroto (C) de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, evidenciando as áreas às quais se obteve as temperaturas superficiais



Fonte: Autora (2023)

2.6 Análise Estatística

Os dados referentes aos parâmetros ambientais e temperatura superficial foram submetidos à ANOVA para medidas repetidas, e as médias foram comparadas usando o teste Tukey, a 5% de significância, utilizando o software JAMOVI.

3 RESULTADOS

Durante o período experimental, os parâmetros ambientais obtidos caracterizaram um maior desconforto térmico durante a exposição dos animais à radiação solar direta, visto os maiores valores para o índice de temperatura do ar e umidade (ITU) bem como para a temperatura do ar, com reduzidos valores de umidade relativa do ar ($p < 0,05$; tabela 01). Além da radiação solar que obteve média de $741,6 \text{ W/m}^2$.

Tabela 1: Parâmetros ambientais obtidos por um datalogger referentes a diferentes momentos de exposição à radiação solar de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido

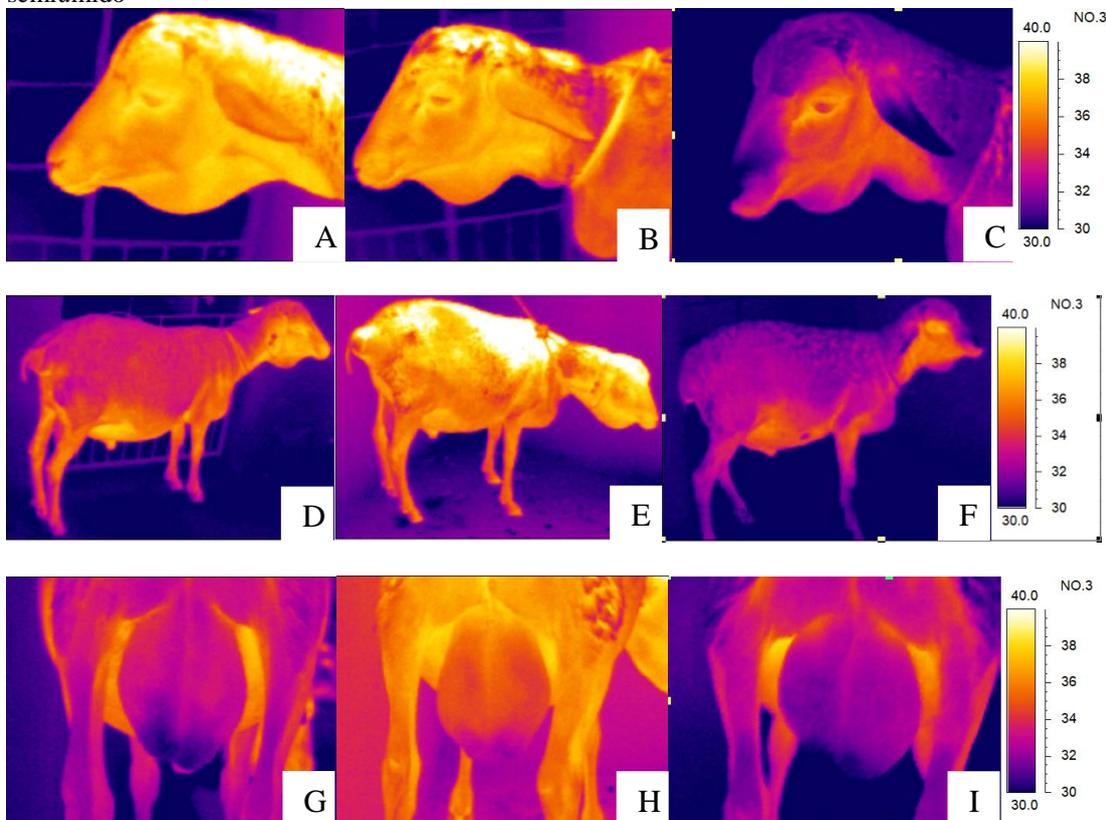
Horários	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	ITU
11:30 h	32,2 b	62,5 b	83,3 b
13:00 h	40,1 a	42,7 c	90,4 a
15:00 h	32,0 b	62,7 a	82,9 c

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Em decorrência das condições estressantes, a temperatura retal foi aumentada em 0,6 °C (39,2 vs. 39,8 °C) após 60 minutos de exposição à radiação solar, com posterior perda de 0,4 °C (39,8 vs. 39,4 °C) após duas horas de sombra ($p < 0,05$).

A partir dos termogramas obtidos foi possível avaliar as regiões do corpo dos animais que mais evidenciaram alterações térmicas, ainda que, como esperado, houve um ganho de calor em decorrência da exposição dos animais à radiação solar direta (Figuras A-C; D-F; G-I). Assim, quanto às alterações de temperatura na região da cabeça dos animais (Tabela 02) pode-se observar que, à exceção da área ocular, as temperaturas da fronte, barbela, orelha e focinho evidenciaram expressivo ganho de temperatura, com destaque à fronte que evidenciou ganho de 2,6 °C. Contudo, após estarem a sombra por duas horas, todas as regiões da cabeça tiveram sua temperatura reduzida, sendo inferior ao momento pré-exposição.

Figura 02: Termogramas evidenciando as regiões da cabeça (A, B, C), tronco (D, E, F) e escroto (G, H, I) e sua faixa de temperatura de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido



Fonte: Autora (2023)

Tabela 2: Temperaturas superficiais da região da cabeça de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido

CABEÇA	11:30 h	13:00 h	15:00 h
Olho	37,1 b	37,8 a	36,8 c
Fronte	34,5 b	37,1 a	33,4 c
Barbela	34,8 b	37,0 a	33,6 c
Orelha	34,5 b	36,7 a	32,0 c
Focinho	34,6 b	36,4 a	32,0 c

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey

Em relação às alterações de temperatura nas diferentes regiões do tronco dos animais (tabela 3), observou-se que todas as áreas evidenciaram ganho de temperatura após 60 minutos de exposição à radiação solar direta ($p < 0,05$). Assim, destacam-se as áreas da espádua e garupa que apresentaram maiores oscilações de temperatura, com ganhos de 3,9 °C e 3,6 °C, e perdas de 5,1 °C e 4,8 °C, respectivamente. Além do mais, a região do ventre apresentou um menor ganho de temperatura após a exposição à radiação solar em 1,3 °C (36,4 vs. 37,7 °C) bem como, a menor perda de temperatura após 2 horas à sombra 2,0 °C (37,7 vs. 35,7 °C) quando comparado às outras regiões do tronco.

Tabela 3: Temperaturas superficiais da região do tronco de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido

TRONCO	11:30 h	13:00 h	15:00 h
Pescoço	33,8 b	36,9 a	33,0 c
Peito	34,5 b	36,3 a	33,7 c
Espádua	33,6 b	37,5 a	32,4 c
Costado	33,7 b	37,2 a	32,8 c
Ventre	36,4 b	37,7 a	35,7 c
Perna	35,1 b	36,8 a	34,3 c
Nádegas	33,6 b	36,5 a	32,7 c
Garupa	33,5 b	37,1 a	32,3 c

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey

Observou-se um aumento de 1,6 °C na temperatura da região cranial do escroto após 60 minutos de exposição direta à radiação solar, seguido por uma redução de 2,6 °C após um período de 2 horas à sombra. Adicionalmente, evidenciou-se um aumento de temperatura na região medial do escroto em 1,2 °C e redução de 1,9 °C, assim como, a região da cauda do epidídimo, que houve expressivo aumento na temperatura em 1,7 °C (31,8 vs. 33,5 °C) seguido de uma perda de 2,6 °C (33,5 vs. 30,9 °C; $p < 0,05$; Tabela 4). Portanto, houve

expressivos ganhos e perdas de temperatura entre os horários 11:30h, 13:00h e 15:00h, sendo o horário de exposição à radiação solar (13:00h) o que apresentou média maior em relação aos outros horários ($p < 0,05$).

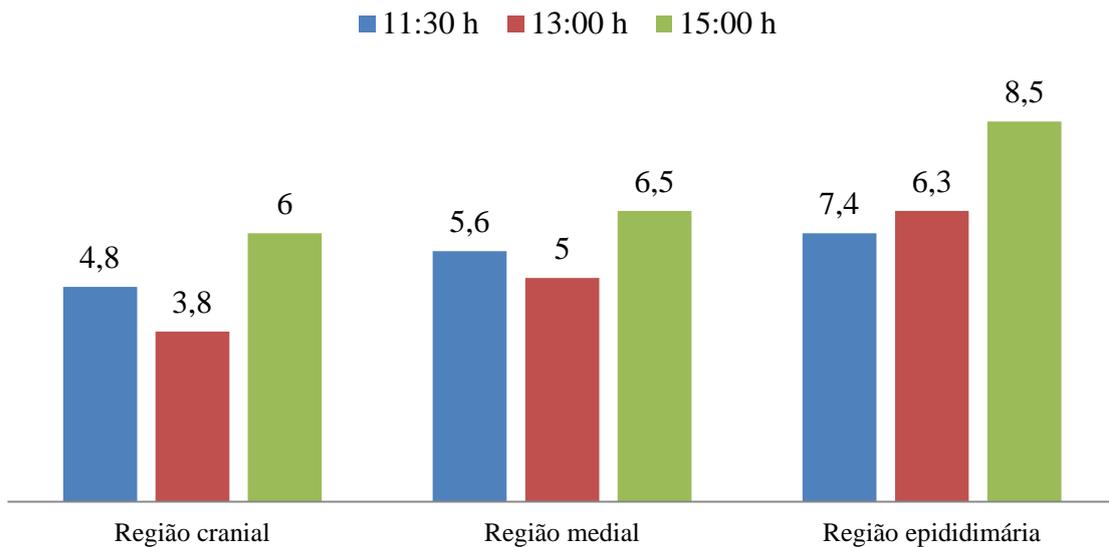
Tabela 4: Temperaturas superficiais de diferentes regiões do escroto de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido

REGIÃO DO ESCROTO	11:30 h	13:00 h	15:00 h
Cranial	34,4 b	36,0 a	33,4 c
Medial	33,6 b	34,8 a	32,9 c
Epididimária	31,8 b	33,5 a	30,9 c

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey

Ademais, os resultados obtidos para a região cranial do escroto (4,8; 3,8; 6,0 °C); região medial do escroto (5,6 °C; 5,0 °C e 6,5°C) e região epididimária (7,4; 6,3; 8,5 °C; $p < 0,05$) estão apontadas no gráfico abaixo (Gráfico 01).

Gráfico 01: Diferenças entre as temperatura retal e escrotal de carneiros Somalis expostos à radiação solar direta, criados em clima tropical semiúmido.



Fonte: Autora (2023)

4 DISCUSSÃO

A temperatura do ar no momento da exposição à radiação solar (12:00h a 13:00h) deixou os animais sob situação de desconforto térmico, visto que a temperatura atingiu 40,1 °C (Tabela 01), desencadeando alterações comportamentais e fisiológicas nos animais. Cabe ressaltar que os ovinos possuem uma Zona de Conforto Térmico (ZCT) situada entre temperaturas de 20 a 30 °C, com uma faixa crítica superior a 34,0 °C (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Os dados corroboram com os resultados de Caldas (2016) que investigou as variações climáticas sobre os parâmetros fisiológicos de ovinos da raça Santa Inês na Amazônia, durante o período de menor pluviosidade. O mesmo, obteve média da temperatura do ar nos horários de (11:00, 14:00 e 17:00h equivalente a 34,91 °C), caracterizando um desconforto térmico, pois a temperatura do estudo estava fora do intervalo considerado normal para a espécie. Esses dados também corroboram com os encontrados por Dantas et al (2016) que encontraram valor para a temperatura do ar no período da tarde de 35,3 °C. Diante do exposto, quando a temperatura do ar se eleva a níveis fora da zona de conforto térmico, ocorre uma diminuição do gradiente térmica entre a superfície do corpo do animal e a temperatura ambiente, provocando diminuição da troca de calor pelas vias sensíveis. Por outro lado, se ativa as perdas de calor pelas vias latentes (sudorese e respiração), bem como, mudanças no comportamento (SILVA et al., 2002). Além disso, temperaturas acima de 30 °C para a maioria das espécies domésticas provocam alterações na homeostase (GARCIA, 2013).

No presente estudo, os valores da umidade relativa do ar (%) estavam dentro da faixa ideal nos horários de 11:30h e 15:00h. Contudo, durante o horário das 13:00h, a umidade relativa do ar (%) diminuiu para 42,7% (Tabela 01), caracterizando desconforto para os animais. Para McDowel (1972) esta deve ser entre 60% e 70% para atender o conforto térmico dos animais. Os dados obtidos foram similares aos encontrados por Dantas et al (2016), o qual avaliaram o efeito dos parâmetros ambientais em três genótipos de ovinos e obtiveram valor médio de umidade relativa de 38,1%, no momento da exposição à radiação solar, o que agrava ainda mais o desconforto dos animais. Por outro lado, Caldas (2016) encontrou valores de 57,75% no período seco do ano. Quando se tem uma baixa umidade relativa, ocorre uma maior velocidade quanto aos processos de sudorese e respiração, do contrário, em alta umidade relativa do ar, fora da zona de termoneutralidade, ocorre

dificuldade no resfriamento do corpo, aumentando a sensação de desconforto (MULLER, 1989).

Os valores calculados para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) neste estudo mostram que os animais enfrentaram uma condição de estresse moderado nos horários de 11:30h e 15:00h com valores de ITU equivalentes a (83,3 e 82,9), respectivamente. Já no horário de exposição à radiação solar (13:00h), os animais sofreram estresse térmico extremamente severo, considerado situação de emergência, apresentando valor de ITU de 90,4. Para o Índice de temperatura e umidade (ITU), Marai et al. (2007), relatam que valores abaixo de 82 indica ausência de estresse térmico, entre 82-84 estresse térmico moderado, entre 84-86 estresse térmico severo e, a partir de 86 estresse térmico extremamente severo, valores esses considerados para a espécie ovina e caprina. Em outra comparação, as interpretações dadas por Rodrigues, (HAHN, 1985) para os valores de ITU indicam que menores que 70 indicam condição normal, não estressante; valores entre 71 e 78 uma situação crítica; entre 79 e 83 indica perigo e acima de 83 já constitui uma situação de emergência. Esses resultados estão em conformidade com os achados de Caldas (2016), que reportou valores para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) variando de 84,8 a 90,5 nos períodos mais e menos chuvosos, indicando situações de estresse severo e extremamente severo, respectivamente.

O cálculo do ITU demonstra eficácia na avaliação do conforto térmico dos rebanhos, abrangendo tanto os valores médios quanto os valores máximos das condições ambientais. Isso é relevante, uma vez que, ao longo do dia, os animais enfrentam diversas situações quando estão soltos no campo. Ademais, existem manejos necessários que servem como estratégia para lidar com condições ambientais desafiadoras. Dentre essas estratégias estão à disponibilização de sombra, seja por meio natural ou artificial, fornecimento de água de boa qualidade aos animais, e a restrição da oferta de alimentos durante as horas mais quentes do dia. Tais práticas auxiliam os animais a dissiparem calor, contribuindo para manutenção constante de sua homeotermia (ROCHA et al., 2012).

Segundo Muller (1989), define-se como temperatura retal a medida fisiológica que melhor expressa à condição térmica do núcleo central, constituído pelo cérebro, órgãos do tórax e abdômen, apresentando temperaturas menos elevadas que a temperatura periferia, porém, mais estável. Além disso, pode ocorrer alterações em decorrência da dieta, consumo de água, idade, estado fisiológico e adaptabilidade (BACCARI JÚNIOR 1998). Os resultados

encontrados para a temperatura retal, quando os animais estavam na sombra, foram de 39,2 °C e 39,4 °C, enquanto sob exposição solar direta alcançaram 39,8 °C, este último sendo o valor mais elevado entre os três horários. Essa variação é influenciada pelo turno do dia, evidenciando menor temperatura pela manhã e maior à tarde, devido à maior intensidade de absorção de calor pelo animal através da irradiação. Além disso, a elevação da temperatura retal é agravada pelos valores mais altos obtidos no estudo para os parâmetros ambientais como a temperatura do ar, ITU e umidade relativa do ar mais baixa (40,1 °C; 90,4; 42,7%, respectivamente; tabela 1). Estes dados ultrapassam a zona de conforto térmico ideal para os ovinos. Assim, cabe destacar que alterações nos parâmetros ambientais podem ocasionar mudanças fisiológicas e comportamentais significativa, prejudicando o processo de termólise, refletida no aumento da temperatura retal (ROCHA et al., 2012).

A temperatura retal apresentou-se mais elevada nos horários de exposição direta à radiação solar, devido ao registro de valores superiores que ultrapassam a zona de conforto térmico para ovinos, havendo diferença estatística entre os turnos, no entanto, os animais conseguem dissipar cerca de 60% do calor para o ambiente por meio da respiração, quando a temperatura atinge valores acima de 35 °C (EUSTÁQUIO FILHO, 2011). Logo, se o ambiente está sob alta temperatura e baixa umidade relativa, dizemos que esse ambiente se encontra quente e seco, o que acaba provocando irritação cutânea e desidratação geral (SILVA et al., 2015). Outro fato que pode ser explicado para a manutenção da temperatura corporal constante é a capacidade dos animais em realizar trocas de calor com o ambiente por meio da condução, convecção e irradiação nos momentos de sombra (BACCARI JÚNIOR, 1990).

Esse fato, evidenciado pela temperatura retal, demonstra que os ovinos Somalis são considerados adaptados e rústicos perante as condições climáticas adversas do clima tropical semiúmido. Além disso, não houve elevação de 1 °C na temperatura durante os três horários das análises (McDOWELL et al, 1976). Apesar da maior temperatura do ar no horário das 12:00h às 13:00h, os animais conseguiram estar dentro da normalidade fisiológica, mantendo a sua homeotermia (38,5 °C a 39,9 °C); CUNNINGHAM, 2014).

Os dados deste estudo estão de acordo com os encontrados por Eustáquio Filho (2011) que objetivou estabelecer a zona de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês por meio da comparação das respostas fisiológicas em diferentes opções de temperatura em câmara bioclimática, encontrando valor médio para temperatura retal de 39,3 °C. Quando os

animais foram submetidos à temperatura de 40 °C, observou-se que estavam adaptados às condições aplicadas, uma vez que não houve diferença estatística em comparação com as demais temperaturas ($p>0,05$). Além disso, em um estudo anterior realizado para avaliar as respostas fisiológicas de ovinos da raça Dorper criados nas condições climáticas do Meio-Norte do Brasil (BORGES, et al., 2020), foi obtida uma temperatura retal média de 38,37 °C, situando-se dentro da faixa ideal para a espécie ovina e mantendo o equilíbrio da temperatura corporal.

A média da temperatura retal encontra-se próxima às descritas por Oliveira et al. (2005), que avaliando os parâmetros fisiológicos, produtivos e os índices de conforto térmico em ovinos da raça Santa Inês, criados em dois apriscos, um coberto com telha de barro e o outro com telha de fibrocimento, encontraram valores médios de 39,3 °C e 39,5 °C no período da manhã às 9:00h e 39,5 °C e 39,6 °C no período da tarde as 15:00h, não havendo diferença estatística significativa entre os turnos e para o tipo de telha utilizada ($p>0,05$). Mesmo no período da tarde onde os parâmetros ambientais estavam fora da zona de conforto para a espécie. Os animais da raça Santa Inês conseguiram manter a temperatura retal dentro dos limites considerados normais para a espécie ovina. Segundo Queiroz et al., (2015) o aumento da temperatura retal acima dos valores considerados normais indica que o animal está armazenando calor, entretanto, tal fato não ocorreu neste estudo.

Outro autor que também encontrou valores semelhantes foi (CALDAS, 2016) ao avaliar a influência da variação climática sobre os parâmetros fisiológicos de ovinos da raça Santa Inês. Neste estudo, foram registradas médias de temperatura retal nos seguintes horários: 8:00h (38,1°C), 11:00h (39,2°C), 14:00h (39,6 °C) e 17:00h (39,3 °C). Além disso, a temperatura do ar e a umidade relativa apresentaram médias de 33,82°C e 57,75%, respectivamente, no período menos chuvoso, ultrapassando os limites da zona termoneutra da espécie e causando desconforto aos animais.

Além disso, quando compara-se temperatura retal com temperatura escrotal, observa-se que a diferença entre as médias permanece dentro da normalidade fisiológica (2 - 8 °C) abaixo da temperatura corpórea, descrita por Hamilton et al. (2016).

A temperatura da pele reflete melhor a sensação de conforto térmico e pode ser utilizada como indicador de estresse animal, revelando os processos de termólise que ocorrem na interface entre o corpo do animal e o meio ambiente. Nesse contexto, a termografia por infravermelho mostra-se eficiente na mensuração do estresse térmico de alguns pontos do

corpo de um indivíduo, pois evidencia um campo térmico com temperaturas mínimas e máximas do corpo ou objeto utilizado. A técnica tem a vantagem de não ser invasiva, colaborando para o bem-estar. Durante o estresse calórico, ocorre a vasodilatação e o aumento do fluxo sanguíneo para a pele, visando à transferência do calor excedente do núcleo central (RANDALL, 2000).

A manutenção da temperatura dos testículos na bolsa escrotal favorece a manutenção do gradiente de temperatura de 2 °C a 8°C abaixo da temperatura corpórea, garantindo a produção de gametas férteis (Hamilton et al., 2016). Ocorre resfriamento mediante ação conjunta do plexo pampiniforme (resfria o sangue arterial antes que atinja os testículos, túnica dartus (aproxima ou afasta a bolsa escrotal do corpo), músculo cremáster (aproxima ou afasta os testículos do corpo) e glândulas sudoríparas escrotais (responsáveis pela sudorese escrotal) (HANSEN, 2009). Quando os animais são submetidos constantemente a temperaturas ambiente superiores a 30°C, ocorre a susceptibilidade a sobrecarga dos mecanismos termorregulatórios, conseqüentemente, a insuficiência do resfriamento dos testículos, ocasiona uma degeneração testicular, favorecendo a baixa qualidade espermática e incapacidade de fertilização.

Os dados do presente estudo estão próximos aos encontrados por Batista (2018), que, ao avaliar as características fisiológicas de ovinos Dorper nos turnos da manhã e tarde no semiárido paraibano, encontrou média de Temperatura Testicular Superficial (TTS) que compreende na área dos cordões espermáticos, de 33,16 °C e 35,22°C para os períodos da manhã (9:00h) e tarde (15:00h) respectivamente. Corroborando com a diferença estatística observada neste estudo ($p < 0,05$).

Os dados das temperaturas médias TTS demonstram que em comparação a temperatura retal, estas se encontravam dentro do intervalo descrito por Hamilton et al., (2016), sendo assim, o autor afirma que os animais conseguiram dissipar o calor absorvido pela radiação solar, constatando que todas as médias da temperatura testicular ficaram abaixo da temperatura corporal. Esses dados estabelecem que os animais estando dentro do intervalo estabelecido, conseguem produzir espermatozoides férteis sem prejudicar a sua espermatogênese.

Os resultados do presente estudo corroboram com os encontrados por Kahwage et al. (2015) que buscaram avaliar a capacidade de manutenção da homeotermia corporal e testicular de ovinos das raças Morada Nova (MN) e Santa Inês (SI), sob desafio térmico em

três momentos: Período 1 – animais mantidos à sombra (11:00 às 12:00h), Período 2 – animais expostos ao sol (12:00 às 13:00h), e Período 3 – animais retornaram à sombra (13:00 às 14:00h), obtendo no experimento, um valor de ITU que indicou estresse térmico severo no período de maior incidência a radiação solar. As variáveis definidas como sendo de interesse científico foram: temperatura de tronco (TT, °C), temperatura de dorso (TD, °C), temperatura de globo ocular (TOC, °C), temperatura de polo testicular dorsal (TPD, °C), temperatura de polo testicular ventral (TPV, °C) e temperatura de testículos (TTM, °C). Os resultados obtidos para as duas raças mostraram um aumento significativo em TT, TD, TOC, TPD, TPV e TTM no Período 2, seguido de um retorno sucessivo aos valores basais no Período 3.

Esse fato pode ser explicado pelo processo de exposição à radiação solar direta, que resultou em um incremento calórico, provocando uma elevação significativa das temperaturas da superfície corpórea. Esse fato é condizente com situação de estresse térmico severo, mesmo que transitório. No período 3 do experimento, os animais conseguiram retornar ao gradiente térmico necessário para manter a normalidade fisiológica, ativando seus mecanismos termolíticos e, prevenindo a hipertermia.

Em outro trabalho desenvolvido pelo mesmo autor, ao avaliar a temperatura superficial da frente (TF, °C), da superfície do pelame (TS, °C) da epiderme (TP, °C), do funículo espermático (TFE, °C), do polo testicular dorsal (TPD, °C), do polo testicular ventral (TPV, °C) e da cauda do epidídimo (TEP, °C) de machos ovinos Morada Nova (MN) e Santa Inês (SIN), nos turnos da manhã (08:00 - 09:00 h) e tarde (14:00 - 15:00 h), durante as quatro estações do ano e obter temperaturas mais elevadas no turno da tarde para as duas raças de ovinos, esses resultados corroboram para o efeito das variáveis climáticas na determinação das temperaturas, visto que o ITU indicou uma situação de estresse muito severo.

O presente estudo mostrou que todas as temperaturas da região do tronco tiveram aumento significativo de temperatura após a exposição à radiação solar direta, porém, todas as regiões tiveram sua temperatura reduzida, sendo inferior ao momento pré-exposição. Os dados corroboram aos encontrados por Souza et al., (2005) com o estudo para avaliar a temperatura superficial da raça Santa Inês e seus mestiços com as raças Suffolk e Ile de France. Foram observados valores médios para a região do tronco (frente, pescoço, costado, lombo, coxa, ventre e canela) no grupo genético Santa Inês (28,5 vs 32,65 vs 28,36 °C), os quais diferem dos dois outros grupos ½ Santa Inês + ½ Ile de France (25,66 vs 33,82 vs 27,51°C) e ½ Santa Inês + ½ Suffolk (26,70 vs 33,17 vs 27,68 °C), respectivamente, nos três

horários de coleta 07:00h, 13:00h e 19:00h. Esses dados mostram que apenas a raça Santa Inês conseguiu reduzir a temperatura, chegando bem próximo ao momento antes da exposição, o que significa que a raça é bastante adaptada às condições climáticas da região.

Os ovinos da raça Santa Inês, por serem nativos, demonstram, de acordo com Queiroz et al. (2015), uma notável adaptação às condições climáticas, suportando temperaturas médias que variam de 10,8 °C a 33,5 °C. Em contraste, observou-se que os ovinos provenientes de cruzamentos não conseguiram dissipar completamente o calor absorvido, resultando em desafios para a manutenção da homeotermia. Esses cruzamentos envolvem raças originárias de outros países, o que implica em diferentes exigências adaptativas diante das condições ambientais. Ademais, esses valores demonstram que os animais providos de lã resultantes do cruzamento com a raça Santa Inês apresentaram maior temperatura superficial, pois a energia absorvida fica retida na superfície da pele lanosa, dificultando a termólise. Esse fato pode ser facilmente explicado por conta que a lã atua como um isolante térmico, retendo o calor proveniente da radiação solar, provocando uma temperatura superficial mais elevada nesses animais em comparação aos deslanados (KLEMM, 1962).

No presente estudo foi evidenciado um aumento significativo na temperatura de todas as regiões da cabeça após a exposição à radiação solar direta. Porém, todas as regiões apresentaram uma subsequente redução de temperatura, sendo inferior ao momento pré-exposição.

Em comparação com o estudo conduzido por ČUKIĆ et al. (2023), observou-se que as temperaturas superficiais do olho, nariz, perna e abdômen foram mais elevadas durante o período de maior exposição à radiação solar, correspondente ao segundo período do experimento (estresse térmico severo). Essas temperaturas atingiram valores de (39,8 °C vs 36,5 °C vs 34,2 °C vs 36,4 °C) em criações extensivas e (38,1 °C vs 34,8 °C vs 32,7 °C vs 32,7 °C) em criações intensivas, evidenciando diferenças estatísticas significativas em relação ao modo de criação. O aumento da temperatura ocular, nasal, perna e abdômen devem-se ao fato de o valor encontrado para o ITU ter ultrapassado o limite crítico superior para a zona de conforto térmico de ovinos, afetando os animais de maneira negativa. Vale ressaltar que os valores encontrados na criação extensiva foram maiores quando comparados a criação intensiva. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que, durante períodos de estresse o eixo hipotálamo-hipofisário-adrenocortical é ativado, levando a alterações na

produção e perda de calor, em decorrência do aumento das concentrações de cortisol e catecolaminas (ČUKIĆ et al., 2023).

Em consequência disso, quando os animais são submetidos a situações de estresse térmico, buscam, sobretudo a sobrevivência, adotando meios para dissipar calor para o ambiente e regular a temperatura do organismo. Cabe salientar que, em sistemas extensivos, os animais estão em contato direto com a radiação solar, em comparação aos animais confinados, que têm as instalações como barreira, logo, e conseqüentemente, a carga térmica de radiação é menor nos abrigos, assim, os animais buscam se alojar em sombras naturais e ou artificial, aumentam a ingestão de água, buscam locais em que a superfície esteja com temperaturas mais baixas que a sua corporal, proporcionando a busca pela troca de calor e a manutenção dos processos fisiológicos em condições normais.

Ademais, quando os animais se encontram em situação de estresse térmico severo, ocorre um aumento no fluxo sanguíneo provido do núcleo central para a superfície, ocasionando aumento das temperaturas superficiais, provocadas pelo acréscimo do fluxo de calor. Porém, sabe-se que quando a temperatura ambiente está próxima à temperatura corporal do animal o gradiente térmico diminui. Nesse contexto, o animal perde calor predominantemente pela via latente, por meio da respiração que aumenta significativamente a níveis maiores que os considerados normais. Assim, grande parte do calor é eliminada da pele por vaporização, levando ao resfriamento do sangue nas regiões superficiais do corpo, proporcionado tanto pela respiração quanto pelos processos evaporativos das glândulas sudoríparas (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011; SANTOS et al., 2006).

Em outro estudo envolvendo um grupo de 48 cordeiros machos de quatro meses de idade, provenientes de oito grupos genéticos distintos, foram realizadas medições de temperaturas superficiais em diversas regiões dos animais, incluindo nariz, cabeça (próximo à localização do cérebro), pescoço, axila, joelho e garupa. Adicionalmente, foi calculada uma temperatura média para o flanco. Os parâmetros ambientais analisados foram temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro ao sol (TGN sol) e à sombra (TGN som), além da velocidade do vento (VV). Os resultados indicaram que essas condições ambientais afetaram significativamente ($p < 0,05$) as medidas termográficas, influenciando no aumento da temperatura corporal dos animais ($p < 0,05$).

De maneira geral, o grupo genético EFSI (50% East Friesian \times 50% Santa Inês) apresentou as maiores medidas termográficas, enquanto as menores foram observadas no

grupo genético 87PDSI (87,5% Dorset \times 12,5% Santa Inês). Vale ressaltar que não houve diferença significativa nas medidas do nariz entre os grupos genéticos. Os autores discutem que os animais do grupo EFSI apresentaram um maior aumento no fluxo sanguíneo para a superfície corporal, visando manter a homeotermia, o que resultou em um aumento na temperatura da superfície.

Adicionalmente, destaca-se que a raça Santa Inês é uma raça brasileira com pelagem adaptada localmente, sendo esperado que esteja bem adaptada às condições climáticas. No entanto, devido a esforços para melhorar as características de produção, a raça passou recentemente por um processo de introgressão, por meio de estratégias de cruzamento com raças especializadas em carne. Essa prática pode ter acarretado em perdas nas características de adaptação da raça.

5 CONCLUSÃO

O uso da termografia de infravermelho foi eficiente na observação do ganho e perda de calor nas regiões da cabeça, tronco e escroto, sendo uma importante ferramenta para avaliação da termorregulação em carneiros Somalis com destaque à observação da região da cabeça, pois, apesar da pelagem escura ser mais suscetível em absorver calor decorrente do estresse térmico, pode-se evidenciar que os animais conseguiram voltar à normalidade no momento pré exposição.

E, apesar das condições ambientais estarem desfavoráveis no momento de maior incidência de radiação solar, os carneiros Somalis conseguiram retornar a sua normalidade fisiológica e manter a sua homeotermia, evidenciando sua termotolerância.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. V.; KARVATTE JUNIOR, N.; DE OLIVEIRA, C. C. Aplicações da termografia por infravermelho (TIV) na bovinocultura de corte. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS - ARCO. Disponível em: <http://www.arcoovinos.com.br/PadraoRacial/Details/14>. Acesso em: 29/10/23
- BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. Anais... Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p. 136-161
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: Conforto animal. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010. 269p.
- CALDAS, Vanessa de Souza. Influência da variação climática amazônica sobre parâmetros fisiológicos de ovinos Santa Inês no município de Belém. 2016.
- CÉZAR, M.F. Características de carcaça e adaptabilidade fisiológica de ovinos durante a fase de cria Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2004. 88p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2004.
- ČUKIĆ, Aleksandar et al. Influence of Heat Stress on Body Temperatures Measured by Infrared Thermography, Blood Metabolic Parameters and Its Correlation in Sheep. *Metabolites*, v. 13, n. 8, p. 957, 2023.
- CUNNINGHAM, J.G. Tratado de fisiologia veterinária/ Bradley G. Klein. 5 ed. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda. 2014.
- DA SILVA, A. P. M. Respostas Termorreguladoras e comportamentais de ovinos da raça Morada Nova no no semi-árido brasileiro, 2010.
- DA SILVA BORGES, Laylson et al. Características termorreguladoras de ovinos da raça Dorper criados em condições climáticas de Meio-Norte do Brasil. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 66805-66813, 2020.
- DANTAS, N. L. B. et al. Utilização da termografia de infravermelho no bem-estar animal: análise de termogramas em ovinos no semiárido brasileiro. *Anais II CONIDIS*. Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33930>>.
- DE ASSIS SILVA, Gustavo; DE SOUZA, Bonifácio Benício; DA SILVA, Elisângela Maria Nunes. Adaptabilidade de ovinos e estratégias para minimizar os efeitos do clima em regiões tropicais. 2015.
- 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, p. 18071814, 2011.

- EUSTAQUIO 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.E.B. Thermal comfort zone of Santa Ines sheep based on physiological responses. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.8, p.1807–1814, 2011
- FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, v.52, p.164-182, 1981
- GARCIA, A.R. Conforto termico de bubalinos criados em condições tropicais. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 37, n. 2, p. 121-130, 2013
- HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*, v. 77, n. suppl_2, p. 10, 1997.
- HAMILTON, T. R. S. et al. Evaluation of lasting effects of heat stress on sperm profile and oxidative status of ram semen and epididymal sperm. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, v. 2016, 2016.
- HANSEN, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 349-360.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Efetivo do rebanho ovino. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/ce>. Acesso em: 24/11/2023.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CERÁ - IPECE. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em: 24/11/2023.
- KAHWAGE, P. R. et al. Respostas termolíticas e qualidade seminal de ovinos naturalizados criados em ambiente tropical. 2015.
- KLEMM, G. The reactions of unshorn and shorn sheep to hot wet and hot dry atmospheres. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 3, p. 472, 1962. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/?paper=AR9620472>
- MAGALHÃES, A. F. B. et al. Raça Somalis brasileira: origem, características reprodutivas e desenvolvimento ponderal. 2010.
- MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M. A. M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. *Small Ruminant Research*, v. 71, n. 1, p. 1-12, 2007.
- McDOWELL, R. E.; HOOVEN, N.W.; CAMOENS, J. K. Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. *Journal Dairy Science*, v. 59, p. 965- 973,1976. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S00220302\(76\)84305-6/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S00220302(76)84305-6/pdf).

McManus C, Bianchini E, Paim Tdo P, de Lima FG, Neto JB, Castanheira M, Esteves GI, Cardoso CC, Dalcin VC. Infrared Thermography to Evaluate Heat Tolerance in Different Genetic Groups of Lambs. *Sensors (Basel)*. 2015 Jul 16;15(7):17258-73. doi: 10.3390/s150717258. PMID: 26193274; PMCID: PMC4541933.

MULLER, P.B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 3. ed. Porto alegre: Sulina, 1989. 262p.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, v.52, p.149–157, 2007.

OLIVEIRA, F. M. M et al. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de condicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 631-635, 2005.

PEREIRA, J. *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte :FEPMVZ, 2005.

QUALIDADE DO AR. Canal Urbanismo e Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/urbanismo-e-meio-ambiente/766-monitoramento-da-qualidade-do-ar&sa=D&source=docs&ust=1701179614893216&usg=AOvVaw0KRAR0QmfB8-kjfvUjKfNT>. Acesso: 28/01/2023.

QUEIROZ, E. O.; MACEDO, F. D. A. F. D.; BARBOSA, O. R.; ZANCANELA, V.; MORA, N. H. A. P.; BALISCEI, M. A. Parâmetros fisiológicos e desempenho para ovelhas Santa Inês e cordeiros ½ Dorper-Santa Inês nas estações verão e inverno. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16, 199-209. 2015.

RANDALL, D., BURGRREN, W., FRENCH, K., 2000. *Fisiologia Animal - Mecanismos e Adaptações*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A

ROCHA D.R.; SALLES M.G.F.; MOURA A.A.A.N.; ARAÚJO A.A. (2012) Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v.10, n.4, p.335–343, 2012.

RODRIGUES, INTI CAMPOS SALLES. *TOLERÂNCIA AO CALOR DE OVINOS LANADOS E DESLANADOS CRIADOS EM REGIÃO SEMIÁRIDA DO VALE DO SÃO FRANCISCO, PETROLINA-PE*. 2016.

RODRÍGUEZ, L. F. P. Efeito do ambiente térmico nas respostas termorregulatórias em ovinos. 2019.

SANTOS J.R.S., SOUZA B.B., SOUZA W.H., CEZAR M.F. & TAVARES G.P. 2006. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semiárido nordestino. 30(5):995-1001.

SANTOS, M. M.; AZEVEDO, M.; COSTA, L.A.B.; SILVA FILHO, F. P.; MODESTO, E. C.; LANA, A M. Q. Comportamento de ovinos da raça Santa Inês, de diferentes pelagens, em pastejo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.33, p.287-294, 2011.

SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; AZEVEDO, S. A.; NETO, J. A.; SILVA, E. M. N.; SILVA, A. K. B. Efeito das épocas do ano e de turno sobre os parâmetros fisiológicos e seminais de caprinos no semiárido paraibano. *Agropecuária Científica no Semiárido*. Vol. 01, p. 07-14, 2005.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. *Principles of animal biometereology*. 1. ed. New Zealand: Springer Science & Business Media, 2013, 265p.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 8, n. 3, p. 06-10, jul-set, 2012.

SOUZA, Bonifácio Benício de et al. Temperatura timpânica, superficial e retal e frequência respiratória de ovinos da raça Santa Inês e seus cruzamentos com Ile de France e Suffolk em Piracicaba, Brasil. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 3, n. 3, p. 92-96, 2015.

SOUZA, E.D. et al. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.1, p.177- 184, 2005.

TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. *Bioclimatologia Zootécnica*. Jaboticabal: Unesp, 2009.

WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.21-35, 1999.