

# Absorção De Radiação Por Diferentes Padrões De Pelame De Ovelhas Mestiças

## Absorption of Radiation by Different Coat Patterns of Crossbred Sheep

<sup>1</sup>Jardel Perrud Barcelos, <sup>2</sup>Kécia Martins Bastos Lopes, <sup>3</sup>Ana Carolina Horta, <sup>4</sup>Guilherme Felipe Orioli, <sup>5</sup>Henrique Leal Perez, <sup>6</sup>Sheila Tavares Nascimento

<sup>1</sup>Doutorando – Universidade Estadual de Maringá (jardelp.barcelos@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda – Universidade Estadual de Maringá (kecia.bastos@gmail.com)

<sup>3</sup>Mestranda – Universidade Estadual de Maringá (ana-ach@hotmail.com)

<sup>4</sup>Mestrando – Universidade Estadual de Maringá (oguilhermefelipe@gmail.com)

<sup>5</sup>Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia – Universidade Estadual de Maringá (hlperez2@uem.br)

<sup>6</sup>Professora Adjunta do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Maringá (stnascimento@uem.br)

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi quantificar o ganho de calor via radiação de ondas curtas por ovelhas mestiças com diferentes padrões de pelame em sistema de criação a pasto sem oferta de recurso de sombreamento. Foram avaliadas nove ovelhas mestiças com pelame de coloração branca, marrom e preta sem acesso a sombra. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental de Iguatemi pertencente à Universidade Estadual de Maringá. Os parâmetros fisiológicos coletados foram a frequência respiratória e a temperatura superficial dos animais. Os parâmetros meteorológicos foram: temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) e radiação solar ( $Wm^{-2}$ ). O ganho de calor por radiação de ondas curtas foi quantificado a partir dos componentes de radiação direta, difusa e refletida e considerando a absorvância do pelame das ovelhas. Os dados foram analisados pelo método dos quadrados mínimos e o desdobramento das médias pelo teste de Tukey a 5%. A temperatura do ar variou entre 30,2°C e 41°C, e a umidade relativa com média de 63%; enquanto a radiação solar ultrapassou 1100  $Wm^{-2}$ . O ganho de calor diferiu significativamente entre os pelames ( $P<0,05$ ), com os animais pretos, marrons e brancos absorvendo em média 1037, 600 e 460  $Wm^{-2}$ , respectivamente. Os animais pretos e marrons apresentaram frequência respiratória média de 119resp.min<sup>-1</sup>, diferindo ( $P<0,05$ ) dos animais brancos com 109resp.min<sup>-1</sup>. Logo, animais de pelame marrom possuem melhor adaptação a ambientes tropicais, pois apresentam maior pigmentação de pele em relação aos animais brancos e absorvem menor quantidade de calor que os animais pretos.

**Palavras Chave:** Ovinos, Transferência de calor, Termorregulação.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to quantify the heat load from shortwave radiation by crossbred sheep with different coat patterns in a pasture-based system without shade. Nine crossbred sheep with white, brown, and black coats without access to shade were evaluated. The research was conducted at the Iguatemi Experimental Farm, which belongs to the State University of Maringá. The physiological parameters collected were the respiratory rate and surface temperature of the animals. The meteorological parameters were temperature (°C) relative humidity of air (%) and solar radiation ( $Wm^{-2}$ ). The heat load from shortwave radiation was quantified based on the components of direct, diffuse, and reflected radiation and considering the absorptance of the sheep's coat. The data were analyzed by the least squares method and the unfolding of the means by the Tukey test at 5%. The air temperature ranged from 30.2°C to 41°C, and the relative humidity had an average of 63%; while solar radiation exceeded 1100 $Wm^{-2}$ . Heat load differed significantly between coats ( $P<0.05$ ), with black, brown, and white animals absorbing on average 1037, 600, and 460 $Wm^{-2}$ , respectively. Black and brown animals had an average respiratory rate of 119 breaths.min<sup>-1</sup>, differing ( $P<0.05$ ) from white animals with 109 breaths.min<sup>-1</sup>. Therefore, animals with brown coats are better adapted to tropical environments, as they have greater skin pigmentation than white animals and absorb less heat than black animals.

**Keywords:** Ewe, Heat flow, Thermoregulation.

## 1. INTRODUÇÃO

Os pequenos ruminantes como os ovinos em sua maioria são criados em sistemas de pastejo, e dessa forma, estão expostos a variações de temperatura e altos níveis de radiação (ROJAS-MORENO *et al.*, 2022). Os ovinos são animais homeotérmicos, capazes de manter a

temperatura corporal constante, e assim, para manter sua termorregulação utilizam os mecanismos sensíveis de transferência de calor (condução, convecção e radiação) quando há diferença no gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente. Quando esses mecanismos são ineficazes, há a ativação dos mecanismos de transferência de calor latente que dependem do gradiente de pressão de vapor, ocorrendo pela evaporação cutânea e respiratória, dessa forma o animal ativa os mecanismos fisiológicos de sudorese e ofego (MAIA *et al.*, 2005; MAIA *et al.*, 2008; OSILLA *et al.*, 2018).

O conforto térmico é um dos pilares para um adequado bem-estar animal, caracterizado pela condição em que o animal consegue manter sua temperatura corporal constante, utilizando os mecanismos de transferência de calor. Um animal estar em conforto térmico significa não estar exposto ao frio ou ao calor excessivos, o que envolve não só a temperatura do ar, mas também a umidade relativa e a radiação solar (OLIVEIRA *et al.*, 2019, CARDOSO *et al.*, 2021).

Quando um animal é exposto a temperaturas fora da sua zona de conforto térmico e altos níveis de irradiância, os mecanismos fisiológicos ou autônomos de termorregulação são ativados, como, por exemplo, a alteração da atividade muscular (tremores e piloereção), da circulação sanguínea periférica (vasoconstrição ou vasodilatação) e pulmonar (alteração da frequência respiratória) e do metabolismo (alteração na taxa metabólica); e comportamentais (voluntários), por exemplo pela alteração da postura corporal, ingestão de água, ingestão de alimentos e aumento pela procura por áreas sombreadas, modulando a produção de calor endógeno e o fluxo de calor no organismo (DA SILVA, 2000).

A estrutura dos pelos pode proteger a pele contra a radiação solar direta e promover convecção e perda de calor por evaporação. As características importantes para a transferência de calor incluem a refletância da pelame, comprimento, espessura do pelo e densidade do pelame (MCMANUS *et al.*, 2020).

Do ponto de vista morfológico, a cor do pelame do animal desempenha uma função crítica na absorção de calor, o valor de absorvância são iguais a 0,42; 0,55 e 0,94 para os pelames branco, marrom e preto, respectivamente. Assim, animais de pelame claro absorvem menor quantidade de calor quando comparado com animais de pelame mais escuro, porém apresentam uma pele despigmentada o que pode favorecer a transmissão da radiação até tecidos mais profundos (DA SILVA, 2000; BERIHULAY *et al.*, 2019).

Baseado nessas informações, o objetivo do estudo foi quantificar a absorção de radiação de ondas curtas por ovelhas mestiças com diferentes padrões de pelame.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

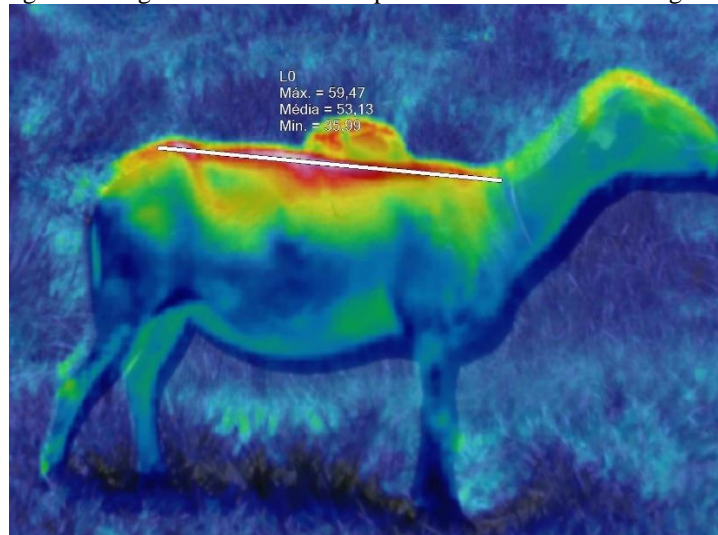
O experimento foi conduzido no setor de Ovinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá – UEM, município de Maringá – PR (23° 55' S, 52°07' O) e altitude de 338 m, no tipo climático Cfa (Köppen-Geiger) classificado como subtropical úmido (ALVARES *et al.*, 2013), durante o mês de novembro de 2023, primavera no hemisfério sul.

Foram utilizadas nove ovelhas mestiças Santa Inês e Dorper selecionadas de acordo com o padrão de pelagem, sendo elas, branca, marrom e preta. Os animais foram mantidos em um piquete com área de 3000m<sup>2</sup> sem a oferta de recursos de sombreamento durante todo o dia, com céu claro sem a presença de nuvens.

Foram coletadas como variáveis fisiológicas: a frequência respiratória (FR, respirações minuto<sup>-1</sup>), mensurada através da movimentação do flanco por 30 segundos e multiplicada por dois para obter o valor em minuto (RASHAMOL *et al.*, 2018); e a temperatura superficial com o auxílio da câmera infravermelha Fluke Termográfica Ti400, dos nove animais.

As imagens termográficas foram coletadas as 11:30h, 12:30h e 15:30h, a uma distância de um metro dos animais, da face lateral dos animais. As imagens foram analisadas para a determinação da temperatura (°C) de acordo com a paleta de cores (Hot/Cold) por meio do software *Fluke Connect*, utilizando a função marcador-linha para traçar uma linha reta no dorso do animal, obtendo a temperatura mínima, média e máxima da região (Figura 1). Para padronizar os procedimentos utilizados na coleta das imagens, foi utilizado o valor de 0,98 para emissividade, de acordo com a recomendação do fabricante da câmera para tecidos biológicos.

Figura 1 – Imagem termográfica ilustrando a captura e a análise das imagens.



Os parâmetros meteorológicos registrados foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), com o auxílio de um dispositivo Wi-Fi de Temperatura e Umidade em intervalos de 10 minutos; e a radiação solar, pelo uso de um sensor de Radiação Solar Global (modelo S-LIB-M003, OnsetComp HOB0®) em intervalos de cinco minutos, ambos dispostos a altura dos animais (75cm do solo), posicionado ao sol e registrando dados entre as 10:00h e 16:00h. O sensor de radiação registra a radiação total, para calcular os valores da radiação direta ( $S_{dir}$ ), radiação difusa ( $S_{dif}$ ) e radiação refletida ( $S_{ref}$ ) foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente.

$$S_{dir} = 1372,9 \cdot \tau^m \cdot [\cos\theta], Wm^{-2} \quad (1)$$

$$S_{dif} = 411,87 \cdot \cos\theta \cdot [1 - \tau^m], Wm^{-2} \quad (2)$$

$$S_{ref} = \rho_s \cdot (S_{dir} + S_{dif}), Wm^{-2} \quad (3)$$

Onde:  $\tau$  é a transmitância da atmosfera (coeficiente de turbidez) que para dias de sol sem nuvens é de 0,912;  $m$  é o coeficiente de massa;  $\cos\theta$  é o cosseno do ângulo zenital e  $\rho_s$  é a refletância da superfície que para ambientes com grama é de 0,25.

Para o cálculo do ganho de calor por radiação de ondas curtas pelos animais foi utilizado a seguinte equação:

$$\phi = \alpha[(Fc \cdot \{S_{dir} + S_{dif}\}) + (\rho\{S_{ref}\})] \quad (4)$$

Onde:  $\alpha$  é a absorptância da superfície do animal, respectivamente iguais a 0,42; 0,55 e 0,94 para os pelames branco, marrom e preto;  $Fc$  é o fator de conformação corporal do animal, que para ovelhas com corpo semelhante a um cilindro horizontal foi de 0,42;  $S_{dir}$  é a radiação

solar direta,  $Wm^{-2}$ ;  $S_{dif}$  é a radiação solar difusa,  $Wm^{-2}$ ;  $S_{ref}$  é a radiação solar refletida,  $Wm^{-2}$ ;  $\rho$  é a refletância da superfície igual a 0,25 para superfícies cobertas por gramíneas.

A análise de variância foi realizada com base no método dos quadrados mínimos (HARVEY, 1960) com auxílio do software SAS (Statistical Analysis System) de acordo com Littell e Freund (1991), e o desdobramento das médias pelo teste de Tukey, com significância de 5%.

A análise de variância foi realizada por meio do seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + H_j + (DH)_{ij} + e_{ijk} \quad (5)$$

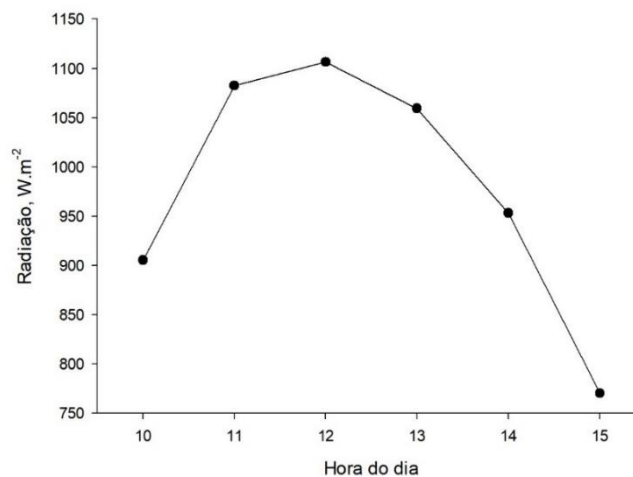
Onde:  $Y_{ijk}$  é a k-ésima observação das variáveis meteorológicas e fisiológicas (Tar, Ur, Radiação,  $T_{sup}$ , FR, qrad);  $\mu$  é a média paramétrica;  $D_i$  é a i-ésima pelagem avaliada ( $i =$  branca, marrom, preta);  $H_j$ : j-ésima hora de coleta ( $j = 10, \dots, 16$ );  $(DH)_{ij}$ : é a interação entre a i-ésima pelagem avaliada e a j-ésima hora de coleta;  $e_{ijk}$ : é o erro aleatório.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A temperatura do ar variou entre  $30,2^{\circ}C$  e  $41^{\circ}C$ , com umidade relativa média de 63%. A radiação de ondas curtas ( $Wm^{-2}$ ) variou durante as horas do dia ( $P > 0,05$ ), com valores de 1088, 1103 e  $763 Wm^{-2}$  às 11:30h, 12:30h e as 15:30h, respectivamente (Figura 2).

Segundo Eustáquio Filho *et al.* (2011) a zona de conforto térmico para ovinos deslançados é caracterizada por temperatura do ar igual a  $25^{\circ}C$  e 65% de umidade relativa do ar. Portanto, as ovelhas foram expostas ao estresse térmico durante todo o estudo, pois a menor temperatura registrada foi superior a  $30^{\circ}C$  no período da manhã.

Figura 2 – Variação da radiação solar ao longo do dia.



Fonseca *et al.* (2023) descreveram que quando a radiação solar ultrapassa valores de  $600Wm^{-2}$ , ovelhas são mais propensas a buscar recursos de sombreamento, demonstrando um desconforto térmico. Desta forma, é possível observar que durante o presente estudo os animais passaram todo período experimental em um ambiente termicamente desconfortável, pela combinação dos elevados níveis de radiação solar e temperatura do ar.

Ademais, a intensa exposição à radiação solar pode predispor os animais ao estresse térmico, interferindo diretamente e negativamente sobre a saúde e o bem-estar animal, a produtividade, a fertilidade e o desempenho zootécnico, o que implica também em menor lucro e maior despesa ao sistema de produção (TÜFEKCI e SEJIAN, 2023).

Os principais ajustes termorregulatórios utilizados pelos ruminantes envolvem a redução da ingestão de alimentos e a ativação de mecanismos de transferência de calor

latentes, o que envolve a evaporação cutânea e a evaporação respiratória (JOY *et al.*, 2018). O estresse térmico afeta não apenas as respostas fisiológicas, mas também o metabolismo energético e oxidativo de ovelhas expostas a ambientes adversos, devido à redução no consumo de alimento na tentativa de reduzir a produção de calor metabólico (MARAI *et al.*, 2007; SLIMEN *et al.*, 2019).

A exposição a elevadas temperaturas também influencia a qualidade da carne pós abate das ovelhas, uma vez que animais com exposição crônica a esse fator são mais propensas a produzirem carne DFD (dura, firme e seca) devido a menor reserva de glicogênio muscular causado pelo estresse térmico, sendo uma carne de menor qualidade e valor de mercado (GREGORY, 2010).

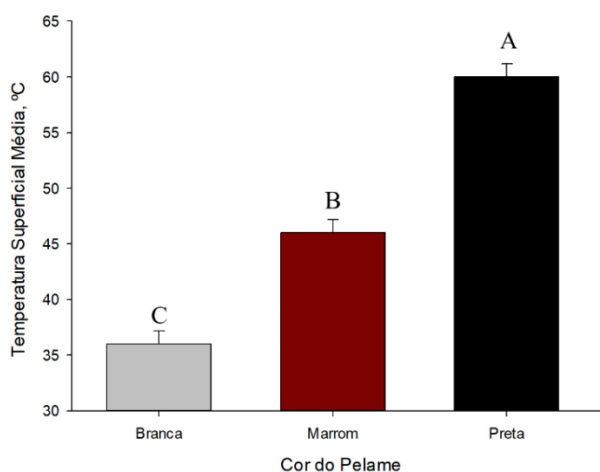
A temperatura superficial do pelame dos animais diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre os diferentes padrões, com os animais brancos apresentando menor média ( $36^{\circ}\text{C}$ ), animais marrons com média igual a  $46^{\circ}\text{C}$  e os animais pretos com as maiores médias, atingindo  $60^{\circ}\text{C}$  (Figura 3).

A capacidade de termorregulação dos animais ruminantes envolve uma série de interações complexas, englobando fatores anatômicos e fisiológicos, como as características morfológicas da pele e do pelo (pigmentação, densidade, espessura e comprimento dos pelos; espessura da pele e da camada de gordura subcutânea), além da capacidade respiratória e da produção de suor, assim como a produção total de calor metabólico e a relação entre a área de superfície corporal e o peso. Também estão envolvidos os perfis endócrinos, com alterações na secreção de hormônios como o adrenocorticotrófico (ACTH), o tireotrófico (TSH), o hormônio de crescimento (GH), os hormônios folículo-estimulantes (FSH) e luteinizantes (LH), e a prolactina (PRL) (BERIHULAY *et al.*, 2019; MCMANUS *et al.*, 2020).

As características do pelame dos animais como coloração, espessura e densidade da pelagem além do comprimento e calibre dos pelos influenciam diretamente na transferência de calor entre o animal e o ambiente. Animais com pelagem escura apresentam maior absorção de radiação térmica e são mais suscetíveis ao estresse térmico do que aqueles com pelagem mais clara (MCMANUS *et al.*, 2009).

O aumento da temperatura superficial também está relacionado ao aumento do fluxo sanguíneo para a pele, facilitando a dissipação de calor durante episódios de estresse térmico, carreando o calor de tecidos profundos para a superfície do animal (SHILJA *et al.*, 2016). Esse mecanismo favorece a transferência de calor por mecanismos sensíveis, como condução, convecção e radiação, porém esses mecanismos necessitam de gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente para ocorrer, e se eventualmente esse gradiente não existir esses mecanismos tornam-se ineficientes (MAIA *et al.*, 2005; MAIA *et al.*, 2008).

Figura 3 – Médias ( $\pm$ EP) da temperatura superficial de ovelhas mestiças. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre cada pelame avaliado pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Macías-Cruz *et al.* (2018) observaram valores de temperatura superficial média semelhantes a este estudo para ovelhas brancas, com valores superiores a 38°C no período da tarde em um estudo conduzido no México durante o verão. Pulido-Rodríguez *et al.* (2021), também descreveram valores próximos a 40°C na região dorsal no período da tarde trabalhando com animais Santa Inês e cruzados com raças lanosas.

Joy *et al.* (2022) utilizaram a termografia infravermelha e descreveram uma correlação positiva entre a temperatura superficial de todas as regiões do corpo dos animais com a temperatura retal, sendo esta temperatura utilizada como um indicador convencional “padrão ouro” da temperatura do núcleo corporal de ovelhas; dessa forma evidencia-se que no presente estudo animais de pelame de coloração preta com temperatura superficial média igual a 60°C apresentavam também aumento na sua temperatura do núcleo corporal, demonstrando que os mecanismos termorregulatórios desses animais estavam comprometidos deixando os animais predispostos a alterações metabólicas e eventualmente morte.

A radiação de ondas curtas é uma via de ganho de calor pelos animais. A quantidade de calor absorvida diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) entre a coloração dos pelames e as 11:30h e 12:30h das 15:30h. Na Tabela 1, está descrito a quantidade de radiação que cada pelame absorveu ao longo do dia. Os valores considerados de absorvância foram de 0,42, 0,55 e 0,94 para os pelames branco, marrom e preto, respectivamente (DA SILVA *et al.*, 2003; MAIA *et al.*, 2003).

Tabela 1 – Quantidade de radiação absorvida pelo pelame das ovelhas durante do dia, em  $Wm^{-2}$ .

Pelame/Hora	11:30	12:30	15:30
Preta	1022,83Aa	1037,24Aa	717,93Ba
Marrom	598,47Ab	606,90Ab	420,06Bb
Branca	457,01Ac	463,45Ac	320,78Bc

Nota: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os horários avaliados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os pelames avaliados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O pico de absorção de radiação pelos animais ocorreu ao 12:30h, horário em que os níveis de radiação estão mais elevados (1103  $Wm^{-2}$ ). Já as 15:30h foi registrado o menor absorção, acompanhando a queda nos níveis de radiação. Resultados semelhantes foram encontrados por Maia *et al.* (2020), que observaram o pico de irradiância solar ao meio-dia.

As características morfológicas das ovelhas são fatores significativos na adaptabilidade, influenciando diretamente na taxa de transferência de calor entre o animal e o ambiente circundante. Características como pelo curto, pele fina e menor densidade de folículos pilosos por unidade de área facilitam a transferência de calor por convecção em ambientes quentes (JOY *et al.*, 2020).

Os animais com coloração de pelame preto apresentaram o maior ganho de calor através da radiação, absorvendo 570  $Wm^{-2}$  a mais que os animais de coloração branca no momento de maior irradiância solar. Da SILVA *et al.* (2003) descreveram que animais de pelame preto absorvem até duas vezes mais radiação que os animais brancos. McManus *et al.* (2009) afirmam que animais com pelagem escura apresentam maior absorção de radiação térmica e são mais suscetíveis ao estresse térmico do que aqueles com pelagem mais clara.

A coloração da epiderme acompanha a coloração dos pelos dos ovinos avaliados na pesquisa. O pelame branco apresenta menor absorvância e maior transmitância, assim a radiação que chega até a epiderme alcança tecidos mais profundos podendo gerar problemas de pele, dessa forma, os animais tendem a ter maior densidade, comprimento e espessura de



pelos. Já os animais marrons apresentam uma epiderme mais pigmentada e maior proteção contra os raios solares, absorvendo mais calor quando comparado com os animais brancos, porém possuem menor densidade e comprimento dos pelos de forma a favorecer os processos de transferência de calor (LEITE *et al.*, 2020).

Oliveira e Costa (2013) observaram que animais brancos apresentaram temperatura superficial do pelame inferior àqueles de pelame preto ou marrom, justificado pela capacidade de retenção de calor em animais de pelame escuro.

García *et al.* (2018) em um estudo com animais da raça *Friesian Milchschaf* (pele e pelame brancos) mantidos em sistema de pastejo, observaram em animais com mais de cinco anos de idade a presença de múltiplos crescimentos papilomatosos e verrucosos de tamanho variável na face. E na superfície dorsal havia alterações de textura à palpação (áspera e firme), com alopecia, descamação e formação de crostas, e múltiplas lesões em forma de placa de até 0,5cm, lesões compatíveis com dermatite solar, além de apresentarem metástases nos linfonodos submandibulares e retrofaríngeos.

O aumento do ganho de calor e da temperatura superficial do pelame dificulta a dissipação de calor do animal para o ambiente durante o dia por mecanismos de convecção e radiação de ondas longas, fazendo com que os animais ativem as vias latentes de transferência de calor, sendo a principal resposta o ofego (FÔNSECA *et al.*, 2019).

A frequência respiratória se manteve muito elevada durante todo período como tentativa de dissipar o ganho excessivo de calor e diferiu significativamente entre as ovelhas brancas das demais ( $P < 0,05$ ), com os animais brancos com uma frequência respiratória média igual a  $109 \text{ resp. min}^{-1}$  já os animais pretos e marrons apresentaram em média  $119 \text{ resp. min}^{-1}$  (Tabela 2).

A respiração ofegante rápida com a boca aberta durante o estresse térmico auxilia na redução da produção do calor metabólico e representa também uma maior susceptibilidade a carga térmica (Joy *et al.*, 2020).

Tabela 2 – Médias da frequência respiratória das ovelhas mestiças nos horários avaliados.

Pelagem	Frequência Respiratória ( $\text{resp. min}^{-1}$ )
Preta	119 A
Marrom	119 A
Branca	109 B

Nota: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O aumento da frequência respiratória é um mecanismo importante para lidar com ambientes estressantes, principalmente para ovinos que possuem uma grande capacidade de ofegar; porém, manter esse mecanismo por longos períodos pode causar distúrbios fisiológicos, como a alcalose respiratória (LEITE *et al.*, 2018). O aumento da frequência respiratória associado ao aumento da frequência cardíaca durante episódios de estresse térmico pode resultar em alcalose respiratória em ovelhas, maior dissipação de calor e aumento da ventilação alveolar. Uma elevação associada na excreção de  $\text{CO}_2$  desloca o equilíbrio de bicarbonato para  $\text{H}_2\text{CO}_3$  de  $\text{H}^+$  e  $\text{HCO}_3^-$  (SRIKANDAKUMAR *et al.*, 2003) Além disso, pode haver uma redução em  $\text{pCO}_2$  e  $\text{cHCO}_3^-$  sanguíneo que associado ao excesso de base real resulta em maior excreção de  $\text{HCO}_3^-$  pelo rim podendo levar a maior pH sanguíneo em ruminantes (CHAUHAN *et al.*, 2015). Rogério (2008) propôs entre 17 e 22 respirações por minuto como valor normal para ovinos, sob condições termoneutras.

Em ovelhas, a evaporação respiratória é o principal mecanismo de perda de calor sob estresse térmico e o aumento da frequência respiratória indica a maior ativação desse mecanismo. A severidade do estresse térmico foi classificada por Silanikove (2000), onde  $40-60 \text{ resp. min}^{-1}$  caracterizou estresse baixo,  $60-80 \text{ resp. min}^{-1}$  estresse médio-alto,  $80-120$

resp.min<sup>-1</sup> estresse alto, e acima de 120 resp.min<sup>-1</sup> as ovelhas estariam sob forte estresse. O que indica que todas as ovelhas observadas neste estudo estavam sob alto estresse.

Joy *et al.* (2020) observaram uma frequência respiratória de ovinos mestiços com raças lanosas quase duas vezes maior comparado com ovinos da raça Dorper (91,3 e 52,5 resp.min<sup>-1</sup> respectivamente) que são ovinos pilosos. Além disso, os autores relataram a temperatura superficial 1,5°C maior nos ovinos mestiços com médias iguais a 37,7°C e Dorper com 36,2°C, sendo resultados menores do que os encontrados no presente estudo.

Em um estudo com animais da raça Morada Nova, Leite *et al.* (2020) encontraram que os animais brancos apresentaram menor temperatura superficial e menor frequência respiratória em comparação com animais de pelagem de tom amarronzados.

Com aumento do ofego, frequência respiratória e conseqüentemente da evaporação respiratória o animal tem uma maior perda de água para o ambiente, com isso as ovelhas se tornam mais propensas a desidratação e problemas metabólicos, dado que a água participa de inúmeros processos fisiológicos, como transporte de nutrientes, excreção de resíduos, na lactação, crescimento e equilíbrio térmico. Assim, há maior demanda de ingestão de água pelos animais (MARAI *et al.*, 2007; TÜFEKCI e SEJIAN, 2023).

Joy *et al.* (2020) observaram um aumento no consumo de água em até 3 litros em ovinos mestiços expostos a condições de estresse térmico em relação a condições termoneutras, devido a desidratação em conseqüência dos mecanismos evaporativos exacerbados através do trato respiratório e da pele, demonstrando um custo hídrico maior dentro da produção e perda em sustentabilidade.

#### 4. CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ganho de calor através da radiação é um fator primordial a ser considerado na produção de animais ao ar livre. A identificação precoce de animais sob estresse térmico moderado/extremo é essencial para permitir intervenções adequadas, como recursos de sombreamento, disponibilidade de água fresca, e adoção de sistemas de resfriamento em casos mais severos. Foi possível calcular o ganho de calor por radiação de ondas curtas para diferentes padrões de pelame das ovelhas de forma confiável. Destaca-se que os animais de coloração marrom apresentam uma adaptação superior a ambientes tropicais, possuindo uma epiderme mais pigmentada em comparação aos animais brancos e uma menor capacidade de absorção de calor quando comparados aos de pelagem preta. Conclui-se que os animais de pelagem preta enfrentam um estresse intenso e momentâneo ao longo de grande parte do dia, o que compromete seu bem-estar geral.

Já os animais de pelagem branca, apesar de sofrerem menos com o estresse térmico imediato, têm seu bem-estar afetado ao longo da vida, devido aos efeitos cumulativos da exposição à radiação solar em níveis elevados. Nesse cenário, os animais de pelagem marrom demonstram ser os mais adaptados para condições tropicais. Como perspectivas de trabalhos futuros temos os estudos para avaliar oferta de recursos de sombreamento para os ovinos, buscando avaliar a resposta dos animais às estruturas, tipo e coloração dos materiais, bem como sua capacidade de reduzir a carga térmica radiante em clima tropical.

Ademais, trabalhos para identificar as raças e fenótipos mais adaptados para sistemas de produção a pasto em ambientes tropicais são necessários para uma maior produtividade e melhor bem-estar animal. Novos estudos sobre a precisão e a viabilidade de implantar e utilizar sistemas para o monitoramento do bem-estar animal em larga escala em rebanhos mantidos a pasto para reduzir o impacto das variáveis ambientes sobre os animais também precisam ser realizados.



## 5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES GONÇALVES, J. L., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BERIHULAY, H. ABIED, A., HE, X., JIANG, L., & MA, Y. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*, v. 9, n. 3, p. 75, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9030075>

CARDOSO, C. S., VON KEYSERLINGK, M. A. G., MACHADO FILHO, L. C. P., & HÖTZEL, M. J. (2021). Dairy heifer motivation for access to a shaded area. *Animals*, v. 11, n. 9, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11092507>

CHAUHAN, S. S., CELI, P., LEURY, B. J., DUNSHEA, F. R. **High dietary selenium and vitamin e supplementation ameliorates the impacts of heat load on oxidative status and acid-base balance in sheep.** *J. Anim. Sci.*, 93, p. 3342–3354, 2015. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8731>

DA SILVA, R. G. **Introduction to animal bioclimatology.** São Paulo: Ed. Nobel. 2000.

DA 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, 2003 doi: 10.13031/2013.13567

EUSTÁQUIO FILHO, A., TEODORO, S. M., CHAVES, M. A., SANTOS, P. E. F., SILVA, M. W. R., MURTA, R. M., CARVALHO, G. G. P., SOUZA, L. E. B. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas repostas fisiológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1907-1814, 2011. <http://dx.doi.org/10.26667/2318-1265jabb.v5n2p72-77>

FONSÊCA, V. D. F. C., CULHARI, E. A., MOURA, G. A. B., NASCIMENTO, S. T., MILAN, H. M., NETO, M. C., & MAIA, A. S. C. Shade of solar panels relieves heat load of sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 265, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105998>

FONSÊCA, V. F. C., MAIA, A. S. C., SARAIVA, E. P., DE MELO COSTA, C. C., DA SILVA, R. G., ABDOUN, K. A., AL-HAIDARY, A. A., SAMARA, E. M., & FULLER, A. Bio-thermal responses and heat balance of a hair coat sheep breed raised under an equatorial semi-arid environment. *Journal of Thermal Biology*, v. 84, p. 83–91, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.05.024>

GARCÍA, J. A., QUINTEROS, C., ROMERO, A., & DUTRA, F. Occurrence of squamous cell carcinoma in Milchschaaf sheep in Uruguay. *Ciência Rural*, v.48, 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170406>

GREGORY, N.G. How climatic changes could affect meat quality. *Food Res. Int.*, v. 43, p. 1866–1873, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.018>

HARVEY, W. R. **Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers.** Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, v. 20, n. 8, 1960.

JOY, A., SEJIAN, V., BAGATH, M., KRISHNAN, G., BEENA, V., & BHATTA, R. Resilience of three indigenous goat breeds to heat stress based on phenotypic traits and PBMC HSP70 expression. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 1995-2005, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1604-5>

JOY, A., TAHERI, S., DUNSHEA, F. R., LEURY, B. J., DIGIACOMO, K., OSEI-AMPONSAH, R., BRODIE, G. & CHAUHANC, S. S. Non-invasive measure of heat stress in sheep using machine learning techniques and infrared thermography. **Small Ruminant Research**, v. 207, 106592, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106592>

LEITE, J. H. G. M., DA SILVA, R. G., ASENSIO, L. A. B., DE SOUSA, J. E. R., DA SILVA, W. S. T., DA SILVA, W. E., & FAÇANHA, D. A. E. Coat color and morphological hair traits influence on the mechanisms related to the heat tolerance in hair sheep. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 2185-2194, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02014-8>

LEITE, J. H. G. M., FAÇANHA, D. A. E., COSTA, W. P., CHAVES, D. F., GUILHERMINO, M. M., SILVA, W. S. T., & BERMEJO, L. A. Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 353–359, 2018. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1302877>

LITTELL, R. C., FREUND, R. J., & SPECTOR, P. C. **SAS system for linear models**. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 329. 1991.

MACÍAS-CRUZ, U., CORREA-CALDERÓN, A., MELLADO, M., MEZA-HERRERA, C. A., ARÉCHIGA, C. F., & AVENDAÑO-REYES, L. Thermoregulatory response to outdoor heat stress of hair sheep females at different physiological state. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 2151-2160, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1615-2>

MAIA, A. S. C., DE ANDRADE CULHARI, E., FONSÊCA, V. D. F. C., MILAN, H. F. M., & GEBREMEDHIN, K. G. Photovoltaic panels as shading resources for livestock. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120551>

MAIA, A. S. C., SILVA, R. G. D., & BERTIPAGLIA, E. C. A. Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente tropical: Um estudo genético e adaptativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 843-853, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000400009>

MAIA, A. S. C., SILVA, R. G. D., & LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: a prediction model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1837-1843, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000018>

MAIA, A. S. C., SILVA, R. G., LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 49, n. 5, p. 332–336, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00484-004-0244-0>

MARAI, I .F. M., EL-DARAWANY, A. A., FADIEL, A., ABDEL-HAFIZ, M.A.M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. **Small Rumin. Res.**, v. 71, p. 1–12, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

MCMANUS, C. M., FARIA, D. A., LUCCI, C. M., LOUVANDINI, H., PEREIRA, S. A., & PAIVA, S. R. Heat stress effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant?

**Theriogenology**, v. 155, p. 157-167, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.047>. 2020.

MCMANUS, C., PALUDO, G. R., LOUVANDINI, H., GUGEL, R., SASAKI, L. C. B., & PAIVA, S. R. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, p. 95-101, 2009.  
<https://doi.org/10.1007/s11250-008-9162-1>

OLIVEIRA, S. E. O., DE MELO COSTA, C. C., CHIQUITELLI NETO, M., DALLA COSTA, F. A., & MAIA, A. S. C. Effects of shade location and protection from direct solar radiation on the behavior of Holstein cows. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 11, p. 1465–1474, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01747-5>

OLIVEIRA, S. E. O.; COSTA, C. C. M. Respiratory heat loss in Morada Nova sheep in Brazilian semi-arid regions. **Journal Animal Behavior Biometeorology**. v.1, n.1, p.17-20, 2013. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265.v01n01a04>

OSILLA, E. V.; MARSIDI, J. L.; SHARMA, S. **Physiology, temperature regulation**. Europe PMC. 2018.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F., TITTO, C. G., DE ANDRADE BRUNI, G., FROGE, G. A., FULONI, M. F., PAYAN-CARRERA, R., HENRIQUE, F. L., GERALDO, A. C. A. P. M. & PEREIRA, A. M. F. Effect of solar radiation on thermoregulatory responses of Santa Inês sheep and their crosses with wool and hair Dorper sheep. **Small Ruminant Research**, v. 202, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106470>

RASHAMOL, V. P., SEJIAN, V., BAGATH, M., KRISHNAN, G., ARCHANA, P. R., & BHATTA, R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 6, n. 3, p. 62–71, 2018. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p62-71>

ROGÉRIO P. A. *O impacto das doenças e da prevenção de doenças no bem-estar dos ovinos*. **Pequeno Rumin Res.**, v.76, p. 104–111, 2008. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.005

ROJAS-MORENO, D.A., NACIMENTO, R.A., PENA-BERMUDEZ, Y.A., REZENDE, V.T., SARTORELLO, G.L., SILVA FILHO, C., AGOSTINHO, F., BUENO, I.C.S., GAMEIRO, A.H. Can we obtain high productivity allied to environmental gains? An emergy-economic study of sheep meat production systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 365, p. 1–13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132722>

SHILJA, S., SEJIAN, V., BAGATH, M., MECH, A., DAVID, C. G., KURIEN, E. K., VARMA, G. & BHATTA, R. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, p. 1311-1323, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1124-5>

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. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

SLIMEN, I.B., CHNITER, M., NAJAR, T., GHRAM, A. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. **Livest. Sci.**, v. 229, p. 179–187, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.026>

SRIKANDAKUMAR, A., JOHNSON, E. H., & MAHGOUB, O. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. **Small Ruminant Research**, v. 49, n. 2, p. 193-198, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00097-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00097-X)

TÜFEKCI, H., & SEJIAN, V. Stress factors and their effects on productivity in sheep. **Animals**, v. 13, n. 17, 2769, 2023. <https://doi.org/10.3390/ani13172769>



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.