



Editora científica
semiárido acadêmico

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v2.2025.c04>

CAPÍTULO IV

Uso de índices ambientais e de conforto térmico na avaliação da termorregulação de ovinos em regiões tropicais

Use of environmental and thermal comfort indices in assessing thermoregulation of sheep in tropical regions

Autores e afiliações

Maycon Rodrigues da Silva¹; Bonifácio Benício de Souza^{2,*}; Ariádne de Barros Carvalho¹; Dermeval Araújo Furtado²; Talícia Maria Alves Benício³; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Patricio Borges Maracajá⁴; Tayana Adélia Palmeira Gomes Nepomucena³; Aline Carla de Medeiros⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Palmas-TO, Brasil.

⁴ PPGGSA/CCTA/UFCG – Pombal-PB, Brasil.

*Autor correspondente: * bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi descrever os métodos que têm sido utilizados para avaliar a termorregulação em ovinos, enfatizando a relação entre índices de conforto térmico (ITGU e ITU) e variáveis em regiões de clima tropical. O levantamento dos dados foi realizado por meio de busca em bases de dados renomadas, como “Scopus”, “Scielo”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” e “Directory of open access journals”, nas dependências da Laboratório de Bioclimatologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG - CSTR). Eles foram selecionados com os seguintes descritores: “sheep” (ovelha), “thermal stress” (thermal stress) e “physiological answers” (respostas fisiológicas), considerando estudos publicados em inglês e português a partir do ano de 2011 de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecida. De um total de 66 artigos, 18 foram selecionados por atenderem aos critérios de inclusão e exclusão, que levam em consideração: ano de publicação, espécie ovina, ambiente com altas temperaturas e utilização dos índices ITGU e ITU associados à resposta termorreguladora. Observou-se a utilização de métodos semelhantes para relacionar os índices de conforto térmico com as respostas fisiológicas, sendo o ITGU o mais utilizado pelos autores, seguido do

ITU. Houve relação entre os altos índices e alterações fisiológicas, principalmente aumentos na FR indicando estresse térmico. Em outras situações, mesmo que o ambiente tenha sido apontado como altamente estressante, as ovelhas conseguiram manter a homeotermia. Destacou-se a necessidade de mais pesquisas para estabelecer e adaptar índices de conforto térmico específicos para ovinos criados em regiões de clima tropical.

Palavras-chave - Ovinos, estresse térmico, respostas fisiológicas

Abstract

The objective of this work was to describe the methods that have been used to evaluate thermoregulation in sheep, emphasizing the relationship between thermal comfort indices (ITGU and ITU) and variables in tropical climate regions. The data survey was carried out through a search in renowned databases, such as “Scopus”, “Scielo”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” and “Directory of open access journals”, on the premises from the Bioclimatology Laboratory of the Federal University of Campina Grande (UFCG - CSTR). They were selected with the following descriptors: “sheep” (sheep), “thermal stress” (thermal stress) and “physiological responses” (physiological responses), considering studies published in English and Portuguese from the year 2011 according to the inclusion criteria and pre-established exclusion. From a total of 66 articles, 18 were selected because they met the inclusion and exclusion criteria, which take into account: year of publication, sheep species, environment with high temperatures and the use of ITGU and UTI indexes in association with thermoregulatory response. The use of similar methods to relate thermal comfort indices to physiological responses was observed, the ITGU being the most used by the authors, followed by the ITU. There was a relationship between the high indices and physiological changes, especially increases in RR indicating thermal stress. In other situations, even though the environment was indicated as being highly stressful, the sheep managed to maintain the homeotherm. The need for further research to establish and adapt specific thermal comfort indices for sheep raised in tropical climate regions was highlighted.

Keywords - sheep, heat stress, physiological responses

1. Introdução

A humanidade enfrentará no decorrer das próximas décadas, sucessivas mudanças climáticas, em especial a elevação da temperatura global da superfície, e isso fará com que os efeitos do estresse térmico devido as mudanças no clima se tornem mais severos e frequentes (HABIBU et al., 2018; SERRANO et al., 2022; IPCC, 2021). Alterações nas temperaturas do gelo ártico e antártico, ondas de calor, flutuações nos padrões das chuvas, acidificação do oceano, eventos climáticos extremos, como a seca, são alguns dos efeitos hostis das mudanças climáticas (UNFCCC, 2014; SEJIAN et al., 2019).

Nas regiões tropicais e subtropicais vem ocorrendo um crescimento da atividade agropecuária em termos de produção e produtividade, contudo, devido ao aquecimento global, o rendimento tende a baixar em até 20% (Jones e Thornton, 2013) até o ano 2050, o que provocará

efeitos negativos na produtividade agropecuária, que é afetada diretamente pelas alterações meteorológicas (SERRANO et al., 2021).

A susceptibilidade de ovinos às mudanças climáticas é menor quando comparado a outros rebanhos (TITTO et al. 2016). São animais que podem resistir aos estresses impostos pelo aumento da temperatura, pouca disponibilidade de pasto, doenças e escassez de água, mas quando expostos continuamente a essas condições ambientais, ao passo que carga de calor aumenta, há a possibilidade de redução significativa da capacidade de produção e reprodução.

Em pesquisas realizadas em ovinos, a utilização de índices que permitem avaliar as interações da temperatura ambiente, umidade relativa, e fatores como radiação e velocidade do vento são determinantes para o conhecimento dos impactos do clima sobre esses animais (BAÊTA e SOUZA, 2010; BUFFINGTON et al., 1981). O índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), índice de temperatura e umidade (ITU) e carga térmica de radiação (CTR) têm sido utilizados e analisados junto as respostas fisiológicas em diversos trabalhos na área de Bioclimatologia e Ambiência (SOUZA et al., 2012; DANTAS et al., 2015; FURTADO et al., 2017; TORRES et al., 2017; MASCARENHAS, 2018).

Esse tipo de avaliação tem grande contribuição na busca por soluções eficientes para ovinocultura em regiões de clima quente, aprofundando o conhecimento sobre os fatores envolvidos na capacidade desses animais suportarem às altas cargas de calor e outros estressores ambientais. Além disso, contribui para identificação, melhoramento e disseminação de raças e grupos genéticos de ovinos com aptidões diferenciadas, ligadas à adaptação ao calor, almejando uma maior variabilidade genética de ovinos resistentes às intempéries presentes em regiões de clima quente.

Diante da existência de vários trabalhos relacionando o uso de índices de conforto térmico à resposta termorregulatória dos animais, a confecção de uma revisão sistemática permite um melhor entendimento de como estes índices vêm sendo aplicados, e como podem auxiliar no entendimento das alterações das funções biológicas dos animais criados em regiões tropicais.

Revisão sistemática é uma forma de pesquisa que reúne estudos para identificar, selecionar e avaliar criticamente sobre uma questão previamente formulada obedecendo critérios metodológicos, o que a torna menos propensa a vieses (OLIVEIRA et al., 2010). A partir disso, este trabalho teve como objetivo descrever os métodos que vêm sendo utilizados para avaliar as características termorregulatórias de ovinos, enfatizando a relação entre os índices de conforto térmico e as principais variáveis fisiológicas mensuradas em estudos feitos em regiões tropicais.

2. Material e Métodos

2.1 Local

O levantamento dos dados consistiu em quatro fases de avaliação, e o levantamento dos dados foi realizado de 25 a 28 de junho de 2021 nas dependências do Laboratório de Bioclimatologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG - CSTR) utilizando a ferramenta “buscar bases” disponível na página da Periódicos CAPES, fato que constituiu a primeira fase da presente revisão.

Na segunda fase os artigos foram selecionados por meio de busca em bases de dados renomadas, sendo essas “Scopus”, “SciELO”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” e “Directory of open access journals”. Foram utilizados como termos de busca os seguintes descritores e

suas combinações em português e inglês “ovinos” (sheep), “estresse térmico” (thermal stress) e “respostas fisiológicas” (physiological responses), bem como suas combinações, conforme fluxograma apresentado na figura 1.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Para serem incluídos no trabalho em questão, os estudos agrupados precisaram atender aos seguintes critérios: (I) artigos publicados no idioma inglês ou português; (II) Usando raças ou grupos genéticos de ovinos; (III) Estudos feitos em regiões de clima tropical, incluindo os realizados em ambiente controlado (câmara climática); (IV) trabalhos que analisaram os resultados junto a pelo menos um dos índices ambientais: índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e índice de temperatura e umidade (ITU).

Na terceira fase, excluíram-se revisões de literatura, trabalho de conclusão de curso, teses e dissertações, bem como os artigos duplicados e os que não contemplaram os critérios estabelecidos, elencando apenas artigos de pesquisa aplicada, restando 66 exemplares.

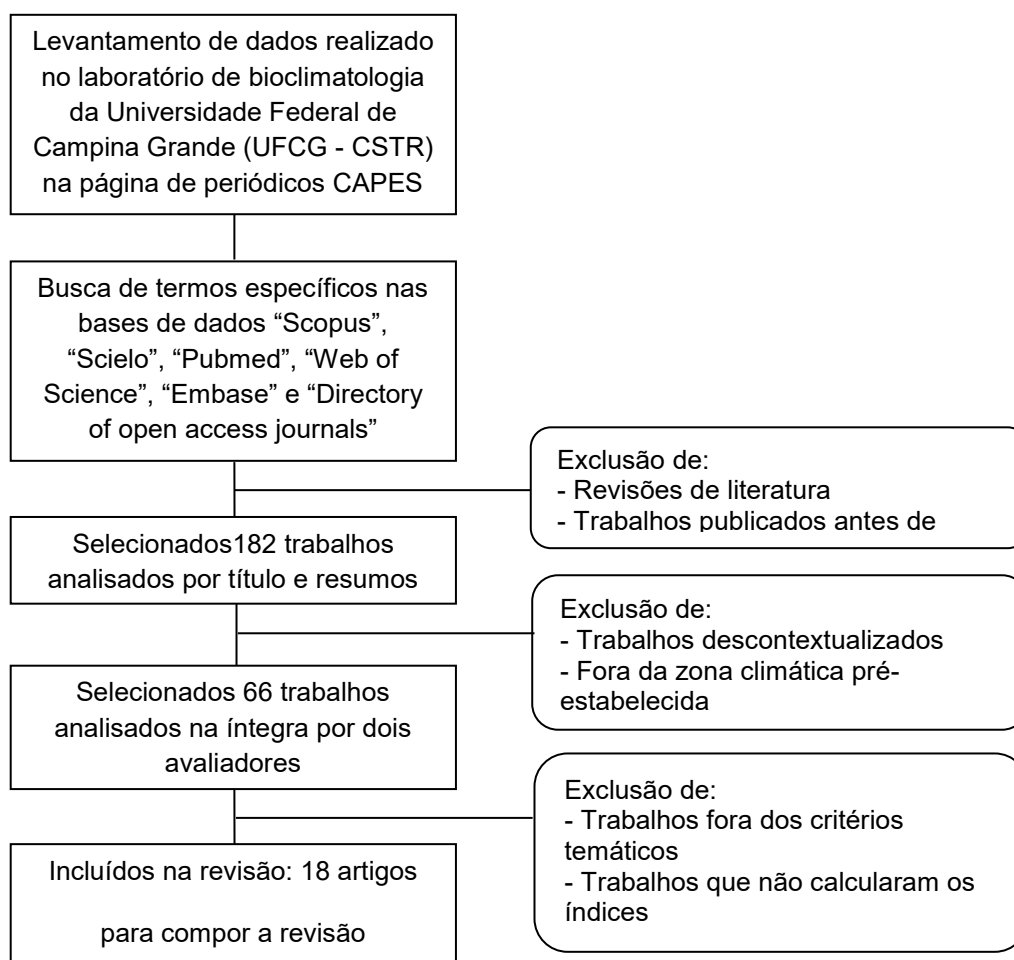


Figura 1 Fluxograma de busca de artigos

2.3 Avaliações e escolhas dos estudos

Os artigos foram avaliados por dois avaliadores e com base nos critérios de inclusão e exclusão foram selecionados 18 estudos, publicados no período de 2015 a 2020, para compor a revisão. Os dados dos períodos ou épocas mais propensas a causar estresse por calor nos ovinos, a exemplo dos turnos da tarde, verão e épocas de baixos volume de chuvas foram preferencialmente considerados para discussão e avaliação crítica dos trabalhos selecionados, com base nos índices de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e índices de temperatura e umidade (ITU).

3. Resultados e Discussão

As regiões geográficas de origem das pesquisas selecionadas estão dentro das zonas de clima tropical, árido e semiárido. Os climas secos dessas regiões (áridas e semiáridas) são caracterizados por baixos índices pluviométricos e altas temperaturas que predominam ao longo do ano. Sobre essas regiões, cabe ressaltar que, embora os descritores utilizados na pesquisa não se tenham especificado nenhum país, ou seja, o que torna a análise de abrangência mundial, os artigos selecionados foram em sua grande maioria desenvolvidos no Brasil.

Os outros estudos foram realizados nos Estados Unidos, Índia, Venezuela e Austrália, sendo que do total dos artigos selecionados, 61,2% foram aceitos para publicação em revistas estrangeiras e os outros 38,8% em revistas nacionais. No Brasil, a maioria desses estudos se concentraram no Nordeste do país, perfazendo 77%.

Os trabalhos realizados no Brasil foram publicados entre o ano de 2015 a 2020, e foi o único país que publicou estudos considerando o índice de tolerância ao calor (ITC), a carga térmica radiante (CTR) junto ao ITGU e a frequência cardíaca (FC) e temperatura timpânica (TT) entre as respostas fisiológicas avaliadas. As pesquisas da Índia e Austrália consideraram calcular apenas o índice de temperatura e umidade ITU, sendo os trabalhos indianos os únicos que verificaram a Frequência de pulso (FP) no ano de 2017 e 2019. O estudo realizado nos Estados Unidos calculou o ITU e o índice de carga de calor (HLI). O coeficiente de tolerância ao calor (CTC) foi considerado apenas pelo trabalho desenvolvido na Venezuela que foi aceito para publicação em 2018 (tabela 1). Cabe frisar que os artigos selecionados utilizaram ovinos deslanados e parcialmente lanados como objeto de estudo e as raças dos animais utilizadas nos trabalhos mostraram-se variáveis, com a predominância de exemplares da raça “Morada Nova” e “Santa Inês”. O N amostral de cada experimento variou de 6 animais até 383 animais entre os delineamentos experimentais utilizados pelos autores, as diferentes análises estatísticas poderão ser consideradas em momento posterior para verificar a viabilidade de realizar análise meta-analítica dos dados.

Quanto ao sexo, a maioria das avaliações encontradas foram obtidas em fêmeas não gestantes e fora do período de lactação, sendo que nos trabalhos que usaram machos, todos optaram por usar animais não castrados. Os experimentos foram organizados para coleta de dados em rebanhos nas suas condições naturais, assim como em distintos sistemas, principalmente o sistema intensivo, que foi o mais encontrado nos trabalhos, e o extensivo e semi-extensivo logo em seguida. Apenas 2 dos estudos foram desenvolvidos em câmara climática (ambiente controlado).

Tabela 1. País de origem, índices ambientais e de conforto térmico, respostas fisiológicas, e ano de publicação dos estudos.

País de origem do estudo	Índices calculados	Respostas fisiológicas	Ano de publicação
BRASIL	ITGU, THI, CTR, ITC	FR, TR, FC, TS, TT	2015 a 2020
ÍNDIA	THI	FR, TR, TS E FP	2017 e 2019
ESTADOS UNIDOS	THI e HLI	FR, TR	2019
VENEZUELA	THI, CTC	FR, TR, TS	2018
AUSTRÁLIA	THI	FR, TR, TS	2020

Os dados ambientais foram obtidos por meio de estações meteorológicas instaladas nos locais dos experimentos, com o uso de diversos aparelhos meteorológicos como data logger, termômetros, termohigrômetros e anemômetros digitais portáteis e sensores eletrônicos. Estes, instalados no centro dos galpões ou locais de estudo e posicionados na altura do dorso dos animais, registrando os dados durante os períodos experimentais.

As respostas fisiológicas avaliadas foram a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), além das temperaturas superficial da pele (TS) e temperatura timpânica (TT). Foram avaliados os perfis endocrinológicos e características morfológicas, como parâmetros sanguíneos, bioquímicos e hormonais; e morfologia da pelagem a partir da espessura da pelagem (CT), comprimento (HL), diâmetro (HD) e densidade (D) dos pelos.

Dentre os estudos descritos todos analisaram a temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), embora apenas três incluíram a frequência cardíaca (FC) nas aferições. A verificação da temperatura superficial (TS) foi feita em 11 trabalhos, e apenas o trabalho de Souza et al (2015) incluiu a temperatura timpânica (TT). Em 4 artigos foram avaliadas respostas comportamentais, envolvendo comportamento ingestivo e consumo de água.

Sobre os índices de conforto térmico, foi evidenciado o cálculo de pelo menos um dos índices descritos nos critérios de inclusão para seleção dos trabalhos, e estiveram presentes além dos pré-estabelecidos (ITGU e ITU), a CTR, ITC e CTC, usados isoladamente ou associados, para estimar o grau de estresse que o ambiente possa causar nos animais, através de variáveis únicas representadas para cada índice. Um único valor representa a associação dos efeitos da energia radiante, temperatura do ar e velocidade do vento, permitindo concluir sobre o nível de conforto ou desconforto que um determinado ambiente proporciona aos animais.

Como critérios para avaliação do conforto térmico, com base na temperatura do ponto de orvalho e temperatura do globo negro, os trabalhos que calcularam o ITGU, seguiram o modelo indicado para vacas leiteiras a partir da equação proposta por Buffington et al., 1981:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Em que:

ITGU: índices de temperatura de globo negro e umidade, °C;

T_{gn} : temperatura do globo negro, °C;

T_{po} : Temperatura do ponto de orvalho, °C.

Para estimar a severidade do estresse térmico com base na temperatura do ar e umidade relativa, os estudos usaram o ITU (THI), calculando conforme Marai et al. (2007), usando a seguinte equação quando a TA foi obtida em (°C):

$$ITU = TA - \{(0,31 - 0,31 * UR) * (TA - 14,4)\}$$

Da mesma forma, quando a TA foi obtida em (°F), o ITU foi calculado seguindo a equação proposta pelo Livestock and Poultry Heat Stress Indices, da universidade de Clemson, EUA (LPHSI, 1990):

$$ITU = TA - \{(0,55 - 0,55 * UR) * (TA - 58)\}$$

Em que:

ITU: índice de temperatura e umidade,

TA: temperatura do ar, °C

UR: umidade relativa do ar, %.

Os trabalhos que consideraram calcular a CTR, o fizeram conforme a proposta de Esmay (1969) pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma(TMR)^4$$

Em que:

CTR: Carga Térmica Radiante $W.m^{-2}$

σ = constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8}$, $W.m^{-2} K^{-4}$

TRM = Temperatura Radiante Média, K.

Temperatura Radiante Média foi obtida através da seguinte equação:

$$TMR = 100 \sqrt[4]{2,51} \cdot \sqrt{V} \cdot (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100} \right)^4$$

V = velocidade do ar ($m.s^{-1}$);

Tgn = temperatura de globo negro, em K;

Tbs = temperatura de bulbo seco, em K.

Os trabalhos avaliaram de diversas formas a termorregulação de ovinos sob altas temperaturas em regiões de clima tropical semiárido, tanto em condições naturais, quanto em ambiente controlado com o uso de câmaras climáticas (LEITE et al., 2019; JOY et al., 2020). Os estudos obtiveram os índices de conforto térmico: ITGU, ITU e CTR, que foram calculados isoladamente ou associados a partir das propostas encontradas na literatura de referência (BUFFINGTON et al., 1981; MARAI et al. 2007). De acordo com os resultados dos índices, os ambientes foram analisados em função das horas do dia (abrangendo manhã e tarde), épocas do ano (seca e chuvosa), assim como estações (verão, outono, primavera e inverno).

De 2015 até 2020 trabalhos como os de Costa et al., 2015; Nobre., 2016; Pantoja et al., 2017; Rathwa et al., 2017; Nobre et al., 2018; Silva et al., 2019; Machado et al., 2020 consideraram entre suas análises, variáveis comportamentais; níveis de suplementação na dieta; perfis endocrinológicos; características morfológicas, e parâmetros sanguíneos, bioquímicos e hormonais.

Sobre o ITGU, 12 estudos calcularam esta variável, o que representa 66,67% dos artigos selecionados. Desses, 4 (33%) consideraram apenas este índice isoladamente, 2 (16,66%) usaram junto ao ITU e 6 (50%) obtiveram junto à CTR. De acordo com Buffington et al., 1981, valores de ITGU até 74 indicam uma situação de conforto para os animais, de 74 a 78 estresse leve; entre 79 e 84 uma situação perigosa e acima de 84, indicam uma situação de emergência. Tais valores de referência não são específicos para a espécie ovina, sobretudo os autores adotam esses parâmetros como base para seus estudos.

A partir dessa evidência, vale ressaltar que dos 12 estudos que calcularam o ITGU, em apenas 3 (25%) foram relatados valores inferiores a 74, e 7 (58,33%) foram encontrados valores acima de 84. Demonstrando que na maior parte dos estudos o ambiente em que os animais se encontravam era de estresse leve a emergência. O que não significa que os animais sofreram estresse por calor devido a esses resultados.

Costa et al. (2015) encontraram valor de ITGU médio no verão de 85,5, no entanto, os valores da FR abaixo de 60 mov/min e TR menor que 40,5°C indicaram que os animais não apresentaram estresse elevado, estando bem adaptados as condições locais. As variações da frequência respiratória permitem avaliar de forma quantitativa o estresse térmico em ruminantes, de forma que a frequência respiratória de 40-60; 60-80 e 80-120 mov./min, caracterizam, respectivamente estresse baixo, médio-alto e alto e acima de 200 mov./min, seria caracterizado estresse severo em ovinos (SILANIKOVE, 2000).

Situação semelhante ao que foi citado anteriormente, foi relatada em estudo com ovinos Morada Nova e Santa Inês avaliados no verão, em que mesmo o ITGU demonstrando situação de alerta, os animais mantiveram os movimentos respiratórios entre 40 e 60 mov/min, indicando baixa necessidade de perda de calor sensível através das vias respiratórias (Pantoja et al., 2017). Mesmo este índice estando elevado ao ponto indicar condições severas (94,16 e 90,46), para ovinos da raça Morada Nova conseguiram manter a FR e TR na época seca dentro dos limites fisiológicos e fora dos valores considerados estressantes para espécie (LEITE et al., 2018a; LEITE et al., 2018b; COSTA et al., 2018).

Nobre et al. (2016) evidenciou estresse médio-alto e alto no período da tarde, confirmado pelos valores máximos de elevação da FR dos animais no período da tarde em 79,98 e 86,18 mov/min., estando em situação de emergência de acordo com o valor do ITGU de 84,65

(SILANIKOVE 2000; BUFFINGTON et al., 1981). O mesmo autor relatou ITGU médio de 78,7 no turno da tarde e elevações da FR chegando a 105 mov/min (NOBRE et al., 2018).

Os valores de ITU foram obtidos em 8 (44%) trabalhos, metade desses usados de forma isolada e 2 (25%) calculados e analisados junto do ITGU. Este índice, de acordo com Marai et al., 2007, representa o grau de estresse térmico de acordo com os valores em °C: < 22,2 = ausência de estresse térmico; 22,2 a 23,3 = estresse térmico moderado; 23,3 a 25,6 = estresse térmico severo; e $\geq 25,6$ = estresse térmico extremo severo.

Foi relatado que os dados do ITU no estudo de Pantoja et al. (2017) estavam acima de 30, indicando a possibilidade de estresse severo, no entanto os ovinos avaliados não elevaram a FR acima dos níveis de normalidade, não indicando condições de estresse de acordo com Silanikove (2000). Da mesma forma, se comportaram os dados avaliados por Mohapatra et al. (2019), que relatou valor médio de ITU de 37, embora os animais não apresentaram FR superiores a 60 mov/min., estando dentro dos limites fisiológicos que não apresentam desconforto térmico.

Houve um aumento de 51,1% (29,46 para 45,57) da FR quando o ITU atingiu o valor de 30 em câmara climática na temperatura de 32°C, mesmo assim as alterações da FR e TR não atingiram valores considerados estressantes, mesmo tendo elevados tais respostas para manter a homeotermia (LEITE et al., 2019). Assim como o estudo anterior, Joy et al. (2020), avaliando ovinos em câmara climática encontrou ITU de 34,4 nas temperaturas mais elevadas (>35°C), o que causou aumento da FR nos grupos genéticos estudados e evidenciou a raça Dorper sendo mais tolerante ao calor, mesmo com sua FR atingindo 164 mov/min.

Entre trabalhos que calcularam o ITU com base na temperatura do bulbo seco em °F, segundo o LPHSI (1990), foram relatados os maiores valores de ITU variando entre 80,1 e 85,7 (RATHWA et al., 2017; REYES et al., 2018; TADESSE et al., 2019). Os valores obtidos sugerem o seguinte: <82 = ausência de estresse térmico; 82 a 84 = estresse térmico moderado; 84 a 86 = estresse por calor severo e mais de 86 = estresse por calor extremo severo (LPHSI, 1990). Contudo, esses achados não implicam dizer que houveram alterações das respostas fisiológicas que representassem estresse elevado, tendo em vista os valores de 82,9 e 85,7 encontrados por Tadesse et al. (2019) para o ITU não ter causado estresse excessivo nos animais avaliados.

Ao obter o ITU de 82,55 em estação de verão, Rathwa et al. (2017) relatou alterações da FR e TR, bem como de outras variáveis que indicavam que os animais estavam sob estresse térmico, evidenciando que devem ser considerados outros fatores para verificar o grau de estresse que o ambiente causou aos animais. Em estudo em ambientes com e sem sombra, Reyes et al. (2018) concluíram que o valor de ITU maior ou igual a 80, estão relacionados com o desconforto térmico em ovinos.

4. Considerações Finais

Os efeitos do clima sobre a produção de animais e a interação entre as respostas fisiológicas e as características de adaptação das raças têm impulsionado várias pesquisas envolvendo índices de tolerância ao calor.

Os parâmetros fisiológicos FR e TR associados aos índices ambientais são os principais indicadores de estresse ou desconforto térmico para ovinos criados em regiões tropicais.

São necessários estudos que estabeleçam índices ambientais como parâmetros específicos para a espécie ovina, considerando o alto grau de adaptação e tolerância ao calor de genótipos criados em regiões tropicais.

Referências

BAÊTA, F.C; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 269p. 2010.

BUFFINGTON, D.E; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.

COSTA, Wirton Peixoto; FAÇANHA, Débora Andréa Evangelista; LEITE, Jacinara Hody Gurgel Morais et al. **Semina - Ciencias Agrárias**, n.36, v.6, 4589-4600, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4589>.

SILVA, Wilma Emanuela da; LEITE, Jacinara Hody Gurgel Morais; SILVA, Wallace Sóstene Tavares et al. Seasonal variations in thermoregulatory patterns enable Morada Nova sheep to adapt to Brazilian semi-arid. **Semina - Ciencias Agrárias**, v.40, n.4, p.1577–1594, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1577>.

DANTAS, Nyanne Lopes Batista; SOUZA, Bonifácio Benicio de; CÉZAR, Marcílio Fonte et al. Estudos da coloração do pelame em relação às respostas produtivas de ovinos mestiços sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.16, n.2, p.397-407, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200014>.

ESMAY M.L. **Principles of animal environment**, 2ed. AVI, Wastport, 1969.

FURTADO, Dermeval Araujo; OLIVEIRA, Francisco Miguel de Melo, SOUSA, Wandrik Hauss. Thermal comfort indexes and physiological parameters of Santa Inês and crossbreed ewes in the semi-arid. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.5, n.2 p.72-77, 2017. <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v5n2p72-77>

HABIBU, B., DZENDAJ, T., AYOL, O. et al, Haematological changes and plasma fluid dynamics in livestock during thermal stress, and response to mitigative measures. **Livestock Science**, v.214, p.189-201, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.05.023>.

IPCC. 2021. **Climate Change 2021: the Physical Science Basis**. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-new-climate-report-clarion-call-urgent-action>> Acesso em 10 de agosto de 2022.

JONES, P.G., THORNTON, P.K. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: The case of maize in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v.13, n.1, p.51-59, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00090-0)

JOY, A., DUNSHEA, F. R., LEURY, B. J. et al, Comparative Assessment of Thermotolerance in Dorper and Second-Cross (Poll Dorset/Merino x Border Leicester) Lambs. **Animals**, v.10, n.12, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10122441>

LEITE, Jacinara Hody Gurgel Morais; ASENSIO, Luis Alberto Bermejo; SILVA, Wallace Sostene Tavares da, et al. Locally adapted brazilian sheep: a model of adaptation to Semiarid region. **Semina - Ciências Agrárias**, v.39, n.5, 2261–2272, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018 v39n5p2261>.

LEITE, G.M.J.H., FACANHA, D.A.E, COSTA, W.P. 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>

LEITE, P.G., MARQUES, J.I., FURTADO, D.A., Ethology, physiological, and ingestive responses of sheep subjected to different temperatures and salinity levels of water. **International Journal of Biometeorology**, v.63, n.8, p.1091–1098, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01724-y>

LPHSI, 1990. **Livestock and Poultry Heat Stress Indices** - Agriculture Engineering Technology Guide. Clemson University, Clemson, SC 29634, USA.

MACHADO, F.N.A; FILHO, J.A; OLIVEIRA, K.P.L. (2020). Biological rhythm of goats and sheep in response to heat stress. **Biological Rhythm Research**, v.51, n.7, 1044-1052, 2020. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1573459>

MARAI I.F.M; EL-DARAWANY, A.A; FADIEL, A. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. A Review. **Small Ruminant Research**, v.71, n.1-2, p.1-12, 2007.

MASCARENHAS, N.M.H. 2018. 58f. **Variáveis fisiológicas e estruturas de tegumento de ovinos e caprinos criados no semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Patos, Paraíba. Universidade Federal de Campina Grande.

MOHAPATRA, A, et al. Seasonal rhythmicity of thermoregulatory physiological responses in fat-rumped sheep under semi-arid tropical environment. **Biological Rhythm Research**, v.50, n.6, p.949–956, 2019. <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1518213>

NOBRE, I.S; ARAUJO, G.G; SANTOS, E.M, et al. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. **Semina - Ciências Agrárias**, v.39, n.4, p.1683–1694, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683>

NOBRE, I.S; SOUZA, B.B; MARQUES B.A. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.116–126, 2016. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402016000100116&lang=pt

OLIVEIRA, G.M; et al. Systematic review of diagnostic tests accuracy: a narrative review. **Journal of the Brazilian College of Surgeons**, v.37, n.2, p.153-156, 2010.

PANTOJA, M.H.D.A; ESTEVES, S.N; JACINTO, M.A, et al. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. **Journal of Thermal Biology**, v.69, p.302-310, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.002>

RATHWA, S.D; VASAVA, A.A; PATHAN, M.M. et al. Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. **Veterinary World**, v.10, n.6, p.650–654, 2017. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.650-654>

REYES, J; HERRERA, M; MARQUINA, J.R. et al. Physical environment and physiological responses in sheep under shade during hours of higher radiation [Ambiente físico y respuestas fisiológicas de ovinos bajo sombra en horas de máxima radiación]. **Archivos de Zootecnia**, v.67, n.259, p.318–323, 2018. <https://doi.org/10.21071/az.v67i259.3786>

SERRANO, J.O; MAYEA, A.L; VILLARES-GARACHANA, A. et al. Effect of short-term radiation stress on physiological and hematological parameters in Pelibuey sheep in Cuba. **Small Ruminant Research**, v.210, p.106679, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106679>. 2022.

SERRANO, J.O; BATISTA, F.A; MANUEL-MALAMBA, F.D. et al. Euclidean distance: integrated criteria to study sheep behaviour under heat stress. **Notulae Scientia Biologicae**, v.13, n.1, p.10859, 2021. <https://doi.org/10.15835/nsb13110859>. 2021.

SEJIAN, V; BAGATH, M; KRISHNAN, G. et al. Genes for resilience to heat stress in small ruminants: A Review. **Small Ruminant Research**, v.173, p.42-53, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.009>

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

SILVA, R.G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo, Brasil: FUNEP, 2008.

SOUZA, B.B. **Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos**: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil. In: FarmPoint-ovinos e caprinos-radares técnicos – bem-estar e comportamento animal. 2010.

http://www.cstr.ufcg.edu.br/bioclimateologia/artigos_tecnicos/indice_conforto_termico_ovinos_caprinos.pdf

. Acesso em: 21.jan 2022.

SOUZA, B.B; DANTAS, N.L.B; OLIVEIRA, I.J.S. et al. Tympanic, surface and rectal temperatures and respiratory rate of Santa Ines sheep and their crossbreds with Ile de France and Suffolk in Piracicaba, Brazil. **Journal of Animal Behavior And Biometeorology**, v.3, n.3, p.92–96, 2015.

SOUZA, B; BATISTA, N.L; SILVA, J.O. et al. Avaliação da temperatura timpânica para estudos bioclimáticos em ovinos deslanados. **Agropecuária Científica do Semi-árido**, v.8, n.6, p.62-66, 2012. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i3.189>

TADESSE, D; PUCHALA, R; GIPSON, T.A. et al. Effects of high heat load conditions on body weight, feed intake, temperature, and respiration of Dorper, Katahdin, and St. Croix sheep. **Journal Of Applied Animal Research**, v. 47, n.1, p.492–505, 2019. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1674658>

TITTO C.G; VERÍSSIMO, C.J; PEREIRA, A.M.F. et al. Thermoregulatory response in hair sheep and shorn wool sheep. **Small Ruminant Research**, v.144, p.341-345, 2016.

TORRES, T.S; SILVA, L.O; BORGES, L.S. et al. Behavioral and thermoregulatory characteristics of Dorper sheep. **Jornal of Animal Behavior and Biometeorology**, v.5, n.3, p.85-90, 2017. <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v5n3p85-90>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC), 2014. **Global Warming Potentials**. Disponível em:

<http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php>. Acesso em: 08 de Janeiro de 2022.