

AValiação e Validação do Índice de Estresse Térmico Desenvolvido para Ovinos Nativos

NÁGELA M. H. MASCARENHAS¹, DERMEVAL A. FURTADO², FABIANA T. L. MORAIS³, RICARDO DE S. SILVA⁴, AIRTON G. DE OLIVEIRA⁵, VINÍCIUS F. DE C. FONSECA⁶

¹ Eng. Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola, Pesquisadora PCI, Instituto Nacional do Semiárido - INSA, eng.nagelamaria@gmail.com

² Zootecnista, Prof. Titular, Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UEAG/ UFCG, Campina Grande-PB.

³ Eng. De Biosistemas, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UEAG/ UFCG, Campina Grande-PB.

⁴ Agrônomo, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UEAG/ UFCG, Campina Grande-PB.

⁵ Eng. Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UEAG/ UFCG, Campina Grande-PB.

⁶ Zootecnista, Prof. Visitante, Doutor, Depto. de Solos e Engenharia Rural, CCA/ UFPB, Areia – PB.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho apresenta uma validação do índice de estresse térmico proposto para ovinos nativos, em regiões áridas e semiáridas. Ovinos das raças Soinga, Morada Nova e Santa Inês foram aferidos em oito condições térmicas em câmara climática para: frequência cardíaca (FC) e respiratória (FR), temperatura retal (T_R), pele (T_P) e superficial do pelame (T_{SP}). Os dados ambientais registrados foram temperatura do ar (T_A), temperatura do globo negro (T_{GN}), umidade relativa (UR), pressão parcial de vapor (E_a) e a velocidade do vento (V). Um total de 3024 dados foram obtidos para as variáveis fisiológicas os ovinos expostos nas oito condições térmicas em câmara climática e em condição ambiente, aferidos nos horários de 07, 10, 12, 13, 14, 16 e 18h onde, os animais estavam sob influência da temperatura ambiente (7, 14, 16 e 18h) e, sob a influência da temperatura experimental (10, 12 e 13h), 3 dias por condição térmica. As correlações dos quatro índices (ITU 1, ITGU, ITU 2 e ITC), e o IET com as variáveis fisiológicas foram comparadas entre si. Os valores dessas correlações foram assumidos como indicativos da eficiência de cada índice como indicadores da resposta dos animais ao ambiente. Assumindo-se assim, que o IET apresenta uma alta eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: modelo de predição, semiárido, temperatura ambiente.

EVALUATION AND VALIDATION OF THE HEAT STRESS INDEX DEVELOPED FOR NATIVE SHEEP

ABSTRACT: This paper presents a validation of the proposed heat stress index for native sheep, in arid and semi-arid regions. Sheep of the Santa Inês, Morada Nova and Soinga breeds/genetic groups were measured in eight thermal conditions in a climatic chamber for: heart rate (HR) and respiratory rate (RR), rectal temperature (R_T), skin (S_T) and coat surface (C_{ST}). The environmental data recorded were air temperature (A_T), black globe temperature (B_{GT}), relative humidity (RH), partial vapor pressure (E_a) and wind speed (V). A total of 3024 data were obtained for the physiological variables, the sheep exposed to the eight thermal

conditions in a climatic chamber and in ambient conditions, measured at the times from 7am, 10am, 12pm, 1pm, 2pm, 4pm and 6pm where the animals were under ambient temperature (7am, 2pm, 4pm and 6pm) and, under the influence of the experimental temperature (10am, 12pm and 1pm), 3 days per thermal condition. . The correlations of the four indices (THI 1, BGHI, THI 2 and TCI), and the TSI with the physiological variables were compared. The values of these correlated animals were assumed as indicators of the efficiency animals' response as indicators of the animals' response. Thus, it is assumed that the TSI has a high efficiency.

KEYWORDS: prediction model, semiarid, ambient temperature.

INTRODUÇÃO: A pecuária é muito influenciada pelas condições ambientais predominantes, como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar, que podem causar desconforto e estresse térmico nos animais (SEJIAN et al., 2019). O ambiente térmico que circunda o animal é bastante complexo (SILVA et al., 2007), assim, a troca de energia térmica entre os animais e o ambiente depende tanto de fatores fisiológicos quanto ambientais (SANTOS et al., 2021). Desde que foram reconhecidos os diferentes comportamentos/respostas dos animais quanto a sua adaptação as diversas variações climáticas, inúmeras são as tentativas de estabelecer um índice de avaliação quanto ao animal que mais se adeque a um tipo de ambiente específico, onde o objetivo é combinar os fatores que compõe o ambiente e as características dos animais (MARAI et al., 2007). Quanto aos índices existentes, a maioria destina-se a classificação do ambiente, na avaliação do microclima, os mais conhecidos: THOM (1959); BUFFINGTON et al. (1981); BARBOSA & SILVA (1995); MARAI et al. (2007); entre outros, e há também os que avaliam diretamente os animais (índices de adaptação). De maneira geral, são índices que avaliam genericamente um dado local envolvendo medidas meteorológicas locais. O desenvolvimento de um modelo matemático que estime a perda de calor do animal para o meio deve levar em consideração fatores como espécie, raça e o ambiente que foram submetidos. O uso de equações ou índices preconizados para animais criados em clima temperado é inapropriado para animais criados em condições tropicais (FONSECA et al., 2016). Diante do exposto, este trabalho apresenta uma validação do índice de estresse térmico proposto para ovinos nativos, em regiões áridas e semiáridas.

MATERIAL E MÉTODOS: As observações foram feitas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA (7° 13' 51" Sul, 35° 52' 54" Oeste), da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, entre maio e junho de 2021. Foram utilizados 18 ovinos machos não castrados das raças Soinga (SOI), Morada Nova (MN) e Santa Inês (STI), seis animais de cada raça, com idade média de $4,0 \pm 0,5$ meses e peso médio de $15 \pm 3,60$ kg, mantidos no interior da uma câmara climática, sendo expostos a oito ambientes térmicos. Os oito ambientes térmicos utilizados foram quatro temperaturas do ar e quatro temperaturas do ar + modificação do ambiente. As temperaturas do ar propostas foram determinadas tomando como base na zona de conforto térmico (ZCT) para ovinos que se situa entre 20 e 30 °C, com umidade relativa do ar em 60% (BAÊTA e SOUZA, 2010; EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011). Para cada condição térmica, em cada dia de observação, cada animal foi aferido para temperatura retal (T_R , °C), frequência respiratória (FR, mov min^{-1}), frequência respiratória (FC, bat min^{-1}), temperatura da pele (T_P , °C), temperatura da superfície da pelagem (T_{SP} , °C), totalizando 3024 observações. Para obter o índice de estresse térmico, as seis características fisiológicas foram resumidas em apenas uma variável por meio de uma análise de

componentes principais, conforme procedimentos descritos em RENCHER (1995). Tomando a matriz de correlação das características fisiológicas, $R_{YY'}$, temos $e'_1[e_{11} \dots e_{15}]$ como o autovetor associado ao seu maior autovalor λ_1 e cujos elementos correspondem a T_R , FR , FC , T_P e T_{SP} , respectivamente. O índice proposto foi (Eq. 1):

$$IET = 24,153 - (0,0523 * T_A) + (0,746 * T_{GN}) + (4,104 * Ea) \quad (1)$$

em que:

- IET= índice de estresse térmico;
- T_A = temperatura do ar;
- T_{GN} = temperatura do globo negro;
- Ea = pressão parcial de vapor.

Posteriormente, para a avaliação e validação do índice proposto, foram escolhidos quatro índices térmicos já existentes na literatura. Os índices considerados foram: Índice de Temperatura e Umidade (ITU 1 – THOM, 1959); Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU - BUFFINGTON et al., 1981); Índice de Temperatura e Umidade (ITU 2 - MARAI et al., 2007); Índice de Conforto Térmico para Ovinos (ITC - BARBOSA & SILVA, 1995). Os índices acima foram calculados para cada combinação de variáveis ambientais do presente estudo e no índice proposto, e as suas respectivas correlações com a resposta dos animais (FC , FR , T_R , T_P , e T_{SP}) foram calculadas. Os valores dessas correlações foram assumidos como indicadores da eficiência de cada índice como indicadores da resposta dos animais ao meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores do índice de estresse térmico para ovinos (IET) obtidos pela aplicação na equação, foram correlacionados com as variáveis medidas nos animais, todas as 3024 observações, apresentando coeficientes de correlação altamente significativos com a T_R e a FR ($p < 0,01$), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes de correlação de cinco índices com a frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (T_R), temperatura da pele (T_P) e temperatura da superfície da pelagem (T_{SP}) dos ovinos em câmara climática.

	ITU 1	ITGU	ITU 2	ICT	IET
FC	0,303**	0,372**	0,301**	0,347**	0,379**
FR	0,610**	0,682**	0,604**	0,654**	0,686**
T_R	0,750**	0,739**	0,751**	0,754**	0,731**
T_P	0,860**	0,853**	0,863**	0,866**	0,846**
T_{SP}	0,846**	0,831**	0,849**	0,847**	0,820**

ns: não significativo. ** $p < 0,01$.

Para fins de comparação os demais índices térmicos (ITU 1, ITGU, ITU 2, ICT) foram estimados a partir dos dados ambientais, e correlacionados com todas as 3024 observações. Comportamento dos quatro índices foi semelhante foi observado para o IET. BUFFINGTON et al. (1981) quando modificaram o ITU (THOM, 1959), determinaram valores de baixos de R^2 correlacionando a temperatura retal e frequência respiratória para ITU (0,27 e 0,31, respectivamente), e para ITGU (0,34 e 0,48), respectivamente em vacas leiteiras, onde os

autores consideraram o ITGU mais eficiente que o ITU. BARBOSA & SILVA (1995) quando propuseram o ICT para ovinos, determinaram valores mais altos de R^2 correlacionando a temperatura retal e frequência respiratória para ICT (0,475 e 0,619, respectivamente), e para ITGU (0,444 e 0,584). Sendo assim, foram encontrados altos valores de R^2 para temperatura retal e frequência respiratória correlacionados ao IET, 0,731 e 0,686, respectivamente. Os valores dos índices já existentes na literatura foram correlacionados entre si e com o índice térmico proposto (IET), apresentando coeficientes de correlação altamente significativos com o IET ($p < 0,01$), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de correlação entre os índices de temperatura e umidade – ITU 1 (THOM, 1959); índice de temperatura do globo negro e umidade – ITGU (BUFFINGTON et al., 1981), índice de temperatura e umidade – ITU 2 (MARAI et al., 2007), índice de conforto térmico para ovinos - ICT (BARBOSA e SILVA, 1995) e índice de estresse térmico (IET).

	ITU 1	ITGU	ITU 2	ICT	IET
ITU 1	1	0,964**	0,986**	0,969**	0,999**
ITGU		1	0,992**	0,962**	0,993**
ITU 2			1	0,985**	0,987**
ICT				1	0,964**
IET					1

ns: não significativo. ** $p < 0,01$.

O IET apresenta alta correlação com os demais índices. Os valores dessas correlações foram assumidos como indicativos da eficiência de cada índice como indicadores da resposta dos animais ao ambiente. Assumindo-se assim, que o IET apresenta uma alta eficiência. Os índices ITU (1 e 2) e ITGU têm sido amplamente utilizados para avaliar ambientes de pecuária em regiões áridas e semiáridas, apesar de suas óbvias limitações (FONSECA et al., 2019), apegando-se ao argumento de que está correlacionado com o desempenho da produção animal, esse argumento poderia ser válido para zonas temperadas, onde o índice foi desenvolvido (SILVA et al., 2007). Os índices mencionados anteriormente são dispositivos úteis para avaliar o clima geral de uma área; envolvem medidas meteorológicas locais de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura média radiante e radiação solar, mas as variáveis e seus coeficientes em um dado índice deve ser consistentes com os mecanismos fisiológicos de troca de calor dos animais considerados. Observa-se na Tabela 3 os valores médios das variáveis fisiológicas observados para cada um dos níveis de IET. A T_R e FR são geralmente assumidos como indicadores primários de estresse térmico em ovinos (SEJIAN et al., 2019), e à medida que o valor de IET aumenta de < 48 para > 72 , a T_R e FR aumentaram, como esperado. É interessante observar que em ambientes quentes a FR assume relevância crescente como forma de perda de calor para o animal.

Tabela 3. Valores médios da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura retal (T_R), temperatura da pele (T_P) e temperatura da superfície da pelagem (T_{SP}), de acordo com o nível IET.

IET	FC (bat min ⁻¹)	FR (mov min ⁻¹)	T _R (°C)	T _P (°C)	T _{SP} (°C)
< 48	63,47	19,05	37,49	29,41	25,99
48,1-51	67,14	23,71	37,84	31,92	30,62
51,1-54	71,86	28,11	38,19	33,26	32,17
54,1-57	76,35	33,06	38,52	34,61	33,71
57,1-60	78,00	35,33	38,65	35,10	34,31
60,1-63	81,73	36,67	38,83	35,81	35,22
63,1-66	83,24	38,29	38,88	36,00	35,47
66,1-69	92,29	69,43	39,31	37,41	36,80
> 70	102,00	116,80	39,75	38,41	37,90

Quatro faixas para aplicação IET podem ser sugeridas: ≤ 63 conforto, $\geq 63,1$ e ≤ 66 desconforto leve a moderado, $\geq 66,1$ e ≤ 69 estresse e ≥ 70 alerta, baseadas nas respostas fisiológicas dos animais.

CONCLUSÕES: As correlações do índice com as variáveis fisiológicas são apresentadas, e o IET é comparado a quatro outros índices. Os valores dessas correlações foram assumidos como indicativos da eficiência de cada índice como indicadores da resposta dos animais ao ambiente. Assumindo-se assim, que o IET apresenta uma alta eficiência.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

REFERÊNCIAS:

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

BARBOSA, O.R., SILVA, R.G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim Industrial Animal**, v.52, p.29-35, 1995.

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, p.0711-0714, 1981.

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 respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1807-1814, 2011.

FONSECA, V.F.C., SARAIVA, E.P., MAIA, A.S.C., COSTA, C.C.M., SILVA, R.G., ABDOUN, K.A., AL-HAIDARY, A.A., SAMARA, E.M., FULLER, A. Models to predict both sensible and latent heat transfer in the respiratory tract of Morada Nova sheep under semiarid tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.61, p.777-784, 2016.

FONSÊCA, V.F.C., MAIA, A.S.C., SARAIVA, E.P., COSTA, C.C.M., 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 Thermal Biology**, v.84, p.83-91, 2019.

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, p.1-12, 2007.

RENCHER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. Wiley, New York, 627p, 1995

SANTOS, M.L.P., DADA, J.M.V., MUNIZ, P.C., NUNES-ZOTTI, M.L.A., BARROS, F.R.O. Physiological responses of Santa Inês x Dorper ewes and lambs to thermal environment of silvopasture and open pasture systems. **Small Ruminant Research**, v.205, p.106565, 2021.

SILVA, R.G., MORAIS, D.E.A.F., GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1192-1198, 2007.

SEJIAN, V., BAGATH, M., KRISHNAN, G., RASHAMOL, V.P., PRAGNA, P., DEVARAJ, C., BHATTA, R. Genes for resilience to heat stress in small ruminants: A Review. **Small Ruminant Research**, v.173, p.42-53, 2019.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-59, 1959.