

## PREDIÇÃO DA TEMPERATURA RETAL DE SUÍNOS POR MEIO DA TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO

TAIZE CALVACANTE SANTANA<sup>1</sup>, HÉLITON PANDORFI<sup>2</sup>, CRISTIANE  
GUISELINI<sup>3</sup>, MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO ALVES<sup>4</sup>, NICOLY FARIAS GOMES<sup>5</sup>,  
MARCO ANTONIO SILVA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, [taizehaes@gmail.com](mailto:taizehaes@gmail.com)

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

<sup>3</sup>Eng. Agrônoma, Profa Assoc., Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

<sup>4</sup>Eng. Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

<sup>5</sup>Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

<sup>6</sup>Eng. Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar a melhor região de interesse (RI) na superfície corporal de suínos (TS), a partir de imagens térmicas e, estabelecer um modelo de predição da temperatura retal (TR) baseado na temperatura superficial da RI e de variáveis termohigrométricas do ar, por meio de regressão múltipla. Os procedimentos envolveram o registro de dados meteorológicos, temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e fisiológicos, incluindo TR e as TS de regiões corporais específicas, como olho e orelha, por meio de câmera termográfica sensível ao infravermelho. Os resultados destacaram forte correlação entre a TR e as TS, especialmente na região traseira da orelha. O modelo de regressão estabelecido apresentou coeficiente de determinação satisfatório ( $R^2 = 0,85$ ) e significância estatística ( $p < 0,05$ ) associado as variáveis preditoras. A TS\_orelha foi considerada um indicador confiável da TR, ressaltando o potencial do monitoramento remoto por câmera termográfica na classificação do estresse térmico em suínos.

**PALAVRAS-CHAVE:** conforto térmico; regressão múltipla; termograma.

## PREDICTING RECTAL TEMPERATURE OF PIGS THROUGH INFRARED THERMOGRAPHY

**ABSTRACT:** This study aims to identify the optimal region of interest (RI) on a pig's body surface (TS) using thermal images. Additionally, a model will be established to predict rectal temperature (TR) based on the surface temperature of the IR, air thermohygro-metric variables, and multiple regression analysis. The procedures involved recording meteorological data, such as air temperature (°C) and relative humidity (%), and physiological data, including TR and TS of specific body regions, such as the eye and ear, using an infrared-sensitive thermographic camera. The results showed a strong correlation between TR and TS, particularly in the rear region of the ear. The regression model demonstrated a coefficient of determination ( $R^2 = 0.85$ ) and statistical significance ( $p < 0.05$ ) associated with the predictor variables. TS\_ear was identified as a reliable indicator of TR, indicating the potential of using a thermographic camera for remote monitoring in the classification of heat stress in pigs.

**KEYWORDS:** thermal comfort; multiple regression; thermogram.

**INTRODUÇÃO:** Nas fazendas, a medição da temperatura retal (TR) é comum devido à sua precisão na estimativa da temperatura de núcleo corporal dos animais. No entanto, esse método é estressante para os animais e requer muito tempo e habilidades especializadas. Dado que a temperatura corporal é um indicador essencial de saúde, as medições são inevitáveis. A termografia por infravermelho é uma técnica de diagnóstico emergente para avaliar a saúde de humanos e animais, oferecendo uma avaliação rápida das temperaturas superficiais (TS) sem a necessidade de contato direto (SCHMID et al., 2021). Entretanto, há uma necessidade de se aprofundar o entendimento sobre a relação entre a TS e a TR, bem como a influência das variáveis ambientais sobre estas. Estudos recentes, como os conduzidos por Schimid et al. (2021), Scoley et al. (2019) e Jia et al. (2020), examinaram a relação entre a TS de regiões corporais de interesse (RI) em suínos e bovinos por meio da termografia em comparação com a TR e a influência da temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR). Esses estudos fornecem evidências da correlação entre as temperaturas das RI obtidas por meio da termografia e a temperatura de núcleo corporal nos animais, destacando que a Tar e a UR influenciam as temperaturas da RI através da troca de calor. Assim, reconhecendo a importância da avaliação do estresse térmico em suínos e a viabilidade de empregar técnicas não invasivas para antecipar a resposta individual dos animais, propomos uma metodologia alternativa fundamentada em dados climáticos e de temperatura superficiais de regiões de interesse, obtidos por termografia por infravermelho, como variáveis para predição do estado individual de estresse térmico dos animais por meio da temperatura retal e da frequência respiratória. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar a melhor região de interesse (RI) na superfície corporal de suínos (TS), a partir de imagens térmicas e, estabelecer um modelo de predição da temperatura retal (TR) baseado na temperatura superficial da RI e de variáveis termohigrométricas do ar, por meio de regressão múltipla, a fim de obter um diagnóstico prévio do seu estado de conforto de forma rápida e menos invasiva.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo utilizou dados coletados no segundo semestre de 2018 em um Biotério de Experimentação com Suínos em Serra Talhada/PE (Figura 1).

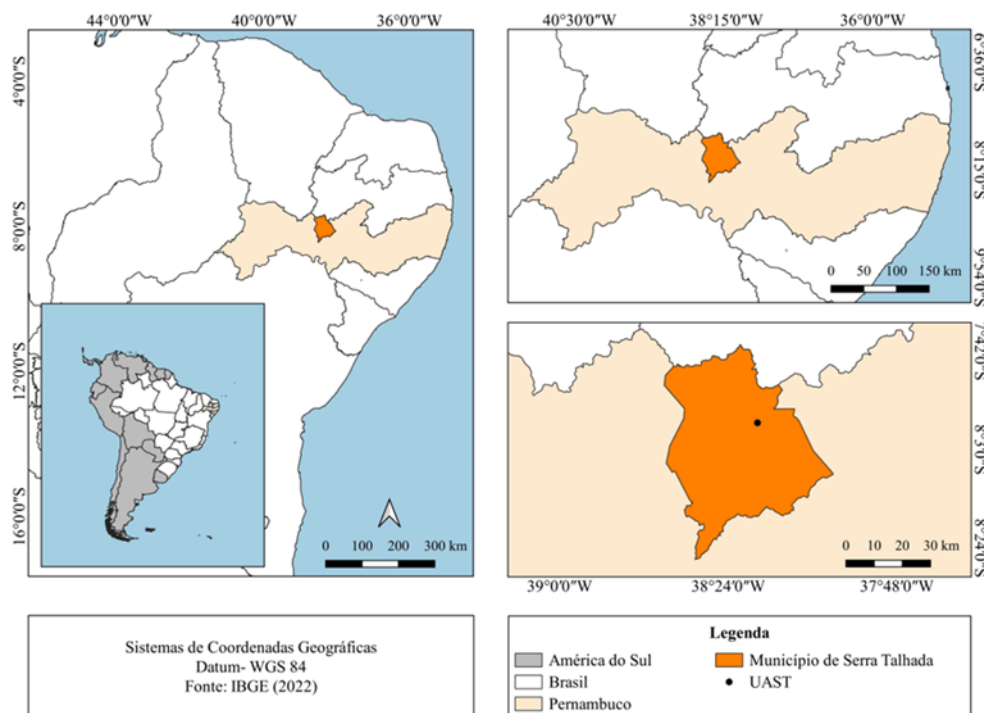


FIGURA 1. Localização da Estação Experimental em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como BShw' semiárido, quente e seco (SILVA et al., 2015). A pesquisa foi aprovada pela CEUA/UFRPE (Comissão de Ética no Uso de Animais) sob o protocolo 23082.021090/2016-81. Foram utilizados 27 suínos, alojados em um galpão sem climatização em fase de crescimento e terminação, provenientes de matrizes de linhagem comercial ( $\frac{3}{4}$  Duroc,  $\frac{1}{4}$  Pietrain), em terceira ordem de parto, cobertas por um macho da raça Duroc (Puro de Origem). Os animais foram alojados em um galpão experimental de alvenaria com orientação leste-oeste, baias cobertas com telha cerâmica em uma água, com pé direito de 2,5 m e piso de concreto, com corredor entre as baias coberto por telha de fibrocimento, pé direito de 4,5 m sem piso (solo aparente), com 330 m<sup>2</sup> de área total, em que foram utilizadas nove baias de 2 x 3 m. Foram registradas as variáveis meteorológicas temperatura do ar (Tar, °C) e umidade relativa do ar (UR, %) do interior e externamente às instalações, além das respostas fisiológicas, temperatura de superfície (TS, °C) e temperatura retal (TR, °C). Os registros foram realizados nos horários das 8, 12 e 16h. As medidas da TR foram realizadas com auxílio de termômetro digital de uso veterinário. Os registros das TS nos animais foram obtidos por meio de imagens termográficas coletadas por um termovisor modelo FLIR i60. As imagens foram coletadas na região do globo ocular (TS\_olho) (Figura 2A) e na região traseira da orelha (TS\_orelha) (Figura 2B), conforme Jia et al. (2020), respeitando um ângulo 90° e uma distância padrão de 1 m, totalizando 81 imagens. A análise da TS\_olho e da TS\_orelha consistiu na extração da temperatura da superfície corporal média de uma forma específica (retângulo), em que foram ajustadas a temperatura, a umidade relativa do ar obtidas no instante do registro da imagem e emissividade (SOERENSEN et al., 2014).

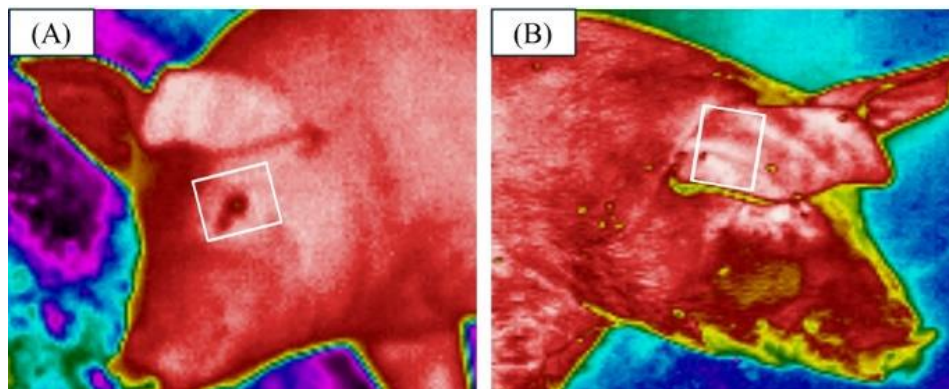


FIGURA 2. Região de globo ocular (A) e região traseira da orelha (B).

A correção das temperaturas superficiais (TS\_orelha e TS\_olho) foi realizada pelo software FLIR Tools, ajustando a emissividade para 0,97 e a condição termohigrométrica no momento do registro da imagem. A correlação entre a TR e a TS das regiões de interesse foi avaliada por meio da correlação de Pearson e a relação funcional foi estabelecida tendo a TR como variável respostas e as TS, Tar e UR como variáveis predictoras, em que se empregou a análise de regressão múltipla, com o uso do software R Core Team®.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os dados de temperatura retal (TR, °C) e das temperaturas superficiais da região traseira da orelha (TS\_orelha) e da região do globo ocular (TS\_olho), obtidos por imagens térmicas foram analisados estatisticamente conforme mostrado na Tabela 1.

TABELA 1. Estatística descritiva das variáveis TR (°C), TS\_orelha (°C), TS\_olho (°C), Tar (°C) e UR (%), referentes aos horários 8h, 12h e 16h.

Horário	Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)
8h	TS_olho	36,57	36,67	34,44	37,58	0,92	2,52
	TS_orelha	35,17	35,56	32,18	36,6	1,18	3,36
	TR	38,35	38,5	37,3	38,8	0,44	1,15
	Tar	24,0	24,0	24,0	24,0	-	-
	UR	76,6	76,6	76,6	76,6	-	-
12h	TS_olho	38,53	38,58	37,94	39,18	0,38	0,99
	TS_orelha	38,22	38,14	35,7	39,4	0,67	1,75
	TR	39,28	39,3	39,1	39,5	0,12	0,31
	Tar	31,5	31,5	31,5	31,5	-	-
	UR	58,8	58,8	58,8	58,8	-	-
16h	TS_olho	36,64	36,31	35,98	37,83	0,7	1,91
	TS_orelha	37,16	37,13	36,68	37,76	0,34	0,91
	TR	38,8	38,9	38,4	39,1	0,21	0,54
	Tar	29,0	29,0	29,0	29,0	-	-
	UR	66,1	66,1	66,1	66,1	-	-

DP.: Desvio Padrão. CV.: coeficiente de variação.

Nota-se que às 12h foram registradas as médias mais altas entre as variáveis registradas. A temperatura média foi de 38,53 °C para TS\_olho, 38,22 °C para TS\_orelha e 39,22 °C para TR, enquanto a Tar e a UR foram de 31,5 °C e 58,8%, respectivamente. Além disso, os dados demonstraram uma baixa dispersão e, de acordo com o critério de Warrick e Nielsen (1980), o coeficiente de variação permaneceu em níveis baixos ( $CV < 12\%$ ) para essas medidas. Os resultados da correlação de Pearson (Figura 3) demonstram uma forte relação positiva entre a TR e a TS registradas na região do globo ocular ( $r = 0,81$ ) e, principalmente, na região traseira da orelha ( $r = 0,91$ ). Esses resultados corroboram Xiong et al. (2023) que utilizaram imagens térmicas da região traseira da orelha de leitões recém-nascidos e modelos de aprendizado de máquina para predição da temperatura retal desses animais. Os resultados deste estudo destacam que as imagens térmicas registradas na região traseira da orelha dos animais como uma região com potencial para monitorar a temperatura retal de leitões de forma não invasiva.

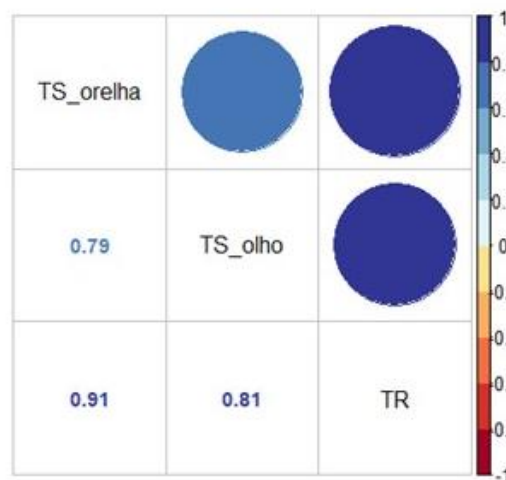


FIGURA 3. Associação entre TS\_olho, TS\_orelha e TR.

Essas correlações positivas sugerem que as TS medidas nessas áreas podem ser indicadores confiáveis da temperatura de núcleo corporal, conforme indicado pela TR. Assim, com base na TS\_orelha, Tar e UR foi desenvolvido o modelo de regressão múltipla com a variável resposta TR conforme a Eq. (1) expressa na Tabela 2.

TABELA 2. Modelo de regressão múltipla estabelecido para a temperatura retal (TR).

Preditores do modelo	Coeficientes de regressão				R <sup>2</sup>
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	
TS_orelha, Tar e UR	40,56	0,30	-0,22	-0,09	0,85
Regressão múltipla	TR= 40,56 + (0,30 x TS_orelha) - (0,22 x Tar) - (0,09 x UR)				

TR.: temperatura retal. TS\_orelha.: temperatura superficial da região traseira da orelha. TS\_olho.: temperatura superficial da região ocular. Tar.: temperatura do ar. UR.: umidade relativa do ar.

Tanto o modelo de regressão quanto suas variáveis preditoras demonstraram significância estatística a um nível de 5% de probabilidade (valor F), com um valor ( $p < 0,05$ ), o que confirma a eficácia e validade do modelo estabelecido. O coeficiente de determinação do modelo estabelecido para a TR demonstrou um ajuste satisfatório, com  $R^2 = 0,85$  (Tabela 2). Os resultados deste estudo estão alinhados com os achados de Basak et al. (2020), que desenvolveram um modelo para predição da temperatura corporal para suínos, incluindo variáveis ambientais por meio de regressão múltipla e obtiveram um ajuste de 0,71. Estudos como os de Schimid et al. (2021), Scoley et al. (2019) e Jia et al. (2020) apresentaram resultados promissores ao utilizar a termografia por infravermelho para avaliar e monitorar o estresse em suínos através de diferentes regiões corporais, corroborando o presente estudo que evidencia a relação entre a TS\_orelha e a TS\_olho com a TR, além do grande potencial de aplicação desta ferramenta, como uma forma de monitoramento remoto para determinação de indicador fisiológico de conforto e classificação de situação de estresse térmico ambiental para suínos. Os resultados deste estudo revelam que a região traseira da orelha se apresenta uma região de interesse promissora para monitorar o estado de saúde dos suínos de forma não invasiva. Essa região é considerada como uma janela térmica devido à sua capacidade de refletir mudanças na temperatura corporal do animal e isso ocorre devido à alta vascularização nessa região, onde os vasos sanguíneos estão mais próximos da superfície da pele, assim, quando o corpo do leitão passa por mudanças de temperatura, seja devido a fatores como estresse, doença ou ambiente, a temperatura nessas bases de orelhas pode variar mais rapidamente e de forma mais perceptível do que em outras partes do corpo (LU et al., 2018).

**CONCLUSÕES:** Modelos de regressão que incorporam termografia por infravermelho e variáveis ambientais representam uma abordagem alternativa na avaliação do conforto térmico em suínos. A temperatura da superfície da orelha destaca-se como a região de interesse no corpo de suínos mais indicada para predição da temperatura retal. O modelo desenvolvido a partir da temperatura da orelha e da condição termohigrométrica no momento do registro das imagens térmicas são promissores na avaliação do estresse térmico de suínos. No entanto, são necessárias pesquisas adicionais para caracterizar a influência dos elementos meteorológicos na temperatura retal e aperfeiçoar o modelo de predição, permitindo um diagnóstico precoce e menos invasivo do estado de conforto dos suínos.

**AGRADECIMENTOS:** Ao PPG em Engenharia Agrícola (PGEA) e ao Grupo de Pesquisa em Ambiência (GPESA/UFRPE) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS:**

- BASAK, J. K.; OKYERE, F. G.; ARULMOZHI, E.; JIHOON, P.; KHAN, F.; KIM, H. T. Artificial neural networks and multiple linear regression as potential methods for modelling body surface temperature of pig. *Journal of Applied Animal Research*, v. 48, n. 1, p. 207-219, 2020.
- JIA, G.; LI, W.; MENG, J.; TAN, H.; FENG, Y. Non-contact evaluation of pigs' body temperature incorporating environmental factors. *Sensors*, v. 20, n. 15, p. 4282, 2020.
- LU, M. et al. An automatic ear base temperature extraction method for top view piglet thermal image. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 155, p. 339–347, 1 dez. 2018.
- SCHMID, S. M.; BÜSCHER, W.; STEINHOFF-WAGNER, J. Suitability of different thermometers for measuring body core and skin temperatures in suckling piglets. *Animals*, v. 11, n. 4, p. 1004, 2021.
- SCOLEY, G. E.; GORDON, A. W.; MORRISON, S. J. Use of thermal imaging in dairy calves: exploring the repeatability and accuracy of measures taken from different anatomical regions. *Translational Animal Science*, v. 3, n. 1, p. 564-576, 2019.
- SILVA, T. G. F. DA et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 7, p. 515–525, 2015.
- SOERENSEN, D. D. et al. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 109, p. 52–58, 1 nov. 2014.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of Soil Physics*. New York: Academic, 1980. p. 319-344.
- XIONG, Y. et al. Modeling Neonatal Piglet Rectal Temperature with Thermography and Machine Learning. *Journal of the ASABE*, v. 66, n. 2, p. 193–204, 2023.