

## DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA RETAL E FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA DE SUÍNOS EM FASE DE CRECHE POR MEIO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPORAL SOB CONDIÇÕES DE CÂMARA CLIMÁTICA\*

GUSTAVO MARQUES MOSTAÇO\*<sup>1</sup>, KÉSIA O. DA SILVA MIRANDA<sup>2</sup>, ISABELLA C.F.S. CONDOTTA<sup>3</sup>, DOUGLAS D'A. SALGADO<sup>4</sup>

\*Extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor;

<sup>1</sup>Eng. Agrícola, Mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba/SP/Brasil, Fone: (011) 98436-1959, gmostaco@usp.br;

<sup>2</sup>Profa. Dra. Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP;

<sup>3</sup>Iniciação Científica, Graduada em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP;

<sup>4</sup>Prof. Dr. Departamento de Matemática (CEATEC), PUC-CAMPINAS, Campinas/SP/Brasil.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015 - São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O controle automático e preciso do ambiente para animais de produção carece de informações e variáveis originadas dos próprios animais, tendo-os como bio-sensores. A temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) são bons indicadores da termorregulação de suínos. Porém, com a crescente preocupação em relação ao bem-estar animal, torna-se necessária a busca por alternativas à mensuração da TR. Com a presente pesquisa objetivou-se identificar a região mais adequada para aferição da temperatura da superfície corporal dos suínos, em fase de creche, e que apresentasse a melhor correlação com a TR e FR. O experimento principal foi conduzido em câmara climática, com cinco animais, variando-se a temperatura ambiente de 14°C a 35,5°C. Realizaram-se medidas repetidas em intervalos de 30 minutos, em seis diferentes regiões corporais, utilizando-se dois métodos: via *datalogger* de temperatura Thermochron iButton® - DS1921G (Tb) e via termômetro de infravermelho (Ti). Por meio dos resultados foi possível observar que a região timpânica mostrou-se como a melhor opção para acompanhamento tanto da TR quanto da FR via termômetro de infravermelho (TiF), enquanto que ao utilizar sensores de temperatura da superfície corporal, a melhor opção foi a orelha (TbE) para predição de TR, e a região do lombo (TbC) para predição de FR.

**PALAVRAS-CHAVE:** sensor de temperatura; modelagem fisiológica; bem-estar animal; zootecnia de precisão; ambiência de suínos.

## DETERMINATION OF PIGLET'S RECTAL TEMPERATURE AND RESPIRATORY RATE THROUGH BODY SURFACE TEMPERATURE IN A CLIMATIC CHAMBER

**ABSTRACT:** The automatic and precise control of the environment for livestock lacks information and variables originated from the animals themselves, having them as bio-sensors. The rectal temperature (RT) and the respiratory rate (RR) are good indicators of the swine thermoregulation. Although, with the growing concerns about animal welfare, it becomes necessary the search for alternatives to RT measuring. With this research, it's aimed to identify the most adequate swine body surface region, in nursery phase, which presents better correlation with RT and RR. The main experiment was conducted in a climate chamber, with five animals. The temperature conditions inside the chamber were varied from 14°C to 35.5°C. Repeated measures were taken in 30 minutes intervals, in six different body regions, using two methods: temperature datalogger Thermochron iButton® - DS1921G (Tb) and infrared thermometer (Ti). By means of these results it was possible to observe that the tympanic region arises as the best option for monitoring RT and RR through infrared thermometer (TiF), while when using body surface temperature sensors, the best option was the ear (TbE) for predicting RT, and the loin region (TbC) for predicting RR.

**KEYWORDS:** temperature sensors; physiological modeling; animal welfare; precision livestock farming; ambient control for swine.

**INTRODUÇÃO:** O ambiente térmico do sistema produtivo possui papel determinante sobre a produção. Neste sentido, novas pesquisas estão sendo propostas para avaliar a intensidade com que o ambiente térmico prejudica esse desempenho dos animais.

A Zootecnia de Precisão utiliza-se de ferramentas tecnológicas como sensores e sistemas para realizar o monitoramento e controle de um sistema físico de forma rápida, eficiente e segura. O animal gera os sinais mais importantes do processo, atuando como um bio-sensor, necessitando ser medido de forma direta e contínua (GREEN et al., 2008; BROWN-BRANDL et al., 2003).

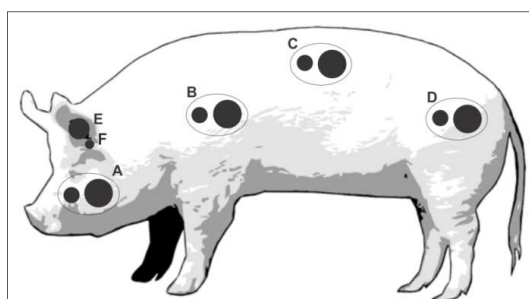
Dentre as opções possíveis para obtenção de um parâmetro de temperatura dos animais, tem-se a temperatura retal (TR), que pode ser considerada invasiva e de difícil aplicabilidade no meio de produção comercial, e a temperatura superficial da pele, que surge como método mais indicado no sentido da minimização da invasão ao animal. Nesse sentido, os sensores de temperatura com tecnologia infravermelha apresentam um menor incômodo ao animal, porém na maioria dos casos, não possibilitam uma medida contínua. Já os sensores de contato apresentam melhor opção para um acompanhamento preciso e contínuo da situação térmica do animal. Porém, este tipo de sensor ainda sofre com as situações agressivas às quais fica submetido, como duração de bateria e problemas em relação à fixação prolongada na pele do animal, além da inexistência de trabalhos que utilizem o iButton em animais de produção, dificultando a comparação dos resultados obtidos com outras publicações.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo identificar qual o local mais apropriado para obtenção da temperatura da superfície corporal de suínos, na fase de creche, para assim buscar a melhor representação da TR e FR, por meio de correlações e regressões lineares múltiplas, para auxílio na tomada de decisão e automação do controle ambiental.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento principal foi conduzido mediante metodologia aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/ESALQ.

Utilizaram-se cinco leitões, mantidos em temperatura de conforto térmico por três dias, sendo então submetidos a um dia de estresse por calor; permaneceram cinco dias em situação de conforto e passaram por um dia de estresse por frio. Utilizou-se a entalpia específica do ar como índice de avaliação do ambiente térmico, sendo os valores para estresse determinados de acordo com MOSTAÇO et al. (2014) e PECORARO et al. (2014): 31,26; 39,56 e 51,12 (14,0; 17,5 e 21,5°C) (estresse por frio); 59,24 (24,5°C) (conforto); 74,82; 82,96 e 94,26 kJ.kg de ar seco<sup>-1</sup> (29,5; 32,5 e 35,5°C) (estresse por calor).

As variáveis estudadas e os equipamentos utilizados foram: Temperatura retal (TR) aferida via termômetro clínico digital; Frequência respiratória (FR) obtida pela contagem direta durante 15 segundos; Temperaturas superficiais externas em diferentes regiões corporais (Figura 1): (Tb) via sensores/*dataloggers* - DS1921G ThermoChron iButton® - Maxim Integrated™, fixados por fita Transpore<sup>MR</sup>; e (Ti) via Termômetro de infravermelho - FLUKE® 566, com emissividade ajustada em 0,98, nas regiões de A a E, e Termômetro infravermelho de ouvido - G-Tech T1000, apenas para a região timpânica (F); além da entalpia ambiente (H), obtida por meio da temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara, registradas com auxílio de dois *dataloggers* - HOBO® U10-003, sendo que a umidade relativa manteve-se em torno de 85%. As variáveis TR, FR e Ti foram aferidas cinco vezes para cada animal em cada temperatura da câmara, enquanto Tb e H eram registradas continuamente. As regiões estudadas sofreram prévia limpeza e retirada de pelos.

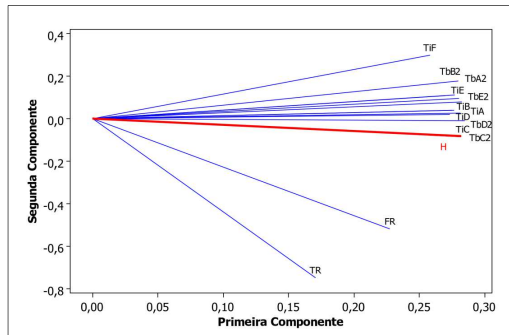


**FIGURA 1.** Regiões corporais estudadas: cabeça (A), paleta (B), lombo (C), pernil (D), orelha - parte interna da cartilagem conchal da orelha externa - (E) e timpânica (F).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Inicialmente, precedeu-se com a análise de componentes principais, para exploração dos dados, com auxílio do software estatístico Minitab®16, de forma a reduzir as 14 variáveis estudadas em apenas duas componentes principais, totalmente independentes entre si, e que expliquem suas relações. Estes resultados (Figura 2), apontam para altas correlações entre as variáveis de temperatura superficial e entalpia do ar ambiente, e mínimas correlações entre essas mesmas variáveis e a TR. Já a FR localiza-se com inclinação intermediária entre a TR e as demais variáveis, indicando

que haverá melhores correlações em modelos onde a FR é tratada como parâmetro dependente, ao invés de TR. A análise proposta é qualificada, pois estas duas componentes apresentaram capacidade de explicação de 88,8% da variabilidade total dos dados.

Em seguida, com auxílio do mesmo *software*, estabeleceram-se as regressões múltiplas (Tabela 1).



**FIGURA 2.** Distribuição das duas primeiras componentes em função das 14 variáveis estudadas.

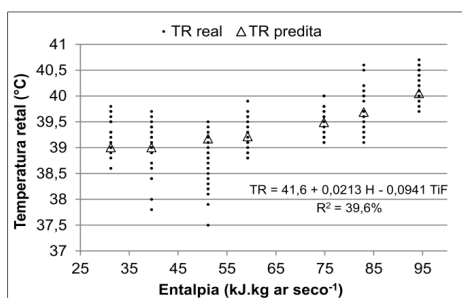
**TABELA 1.** Equações de regressão múltipla que apresentaram melhores valores de ajuste ( $R^2$ ) para FR e TR em função de Ti, Tb e H

Equações de Regressão	$R^2$
FR = 297 + 2,62 H - 10,1 TiF	<b>73,7%</b>
FR = 44,9 + 2,47 H - 3,22 TbC	<b>73,2%</b>
TR = 41,6 + 0,0213 H - 0,0941 TiF	<b>39,6%</b>
TR = 38,6 + 0,0216 H - 0,0178 TbE	<b>38,5%</b>

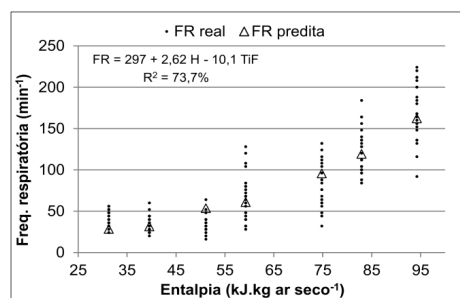
Para as regressões múltiplas de TR, os melhores ajustes foram obtidos para temperatura timpânica via termômetro de infravermelho (TiF) e região da orelha via iButton (TbE), corroborando com ANDERSEN et al. (2008). Isto se deve, provavelmente, a uma menor susceptibilidade da região timpânica aos efeitos ambientais externos, e ao fato do iButton isolar a região da orelha dos efeitos externos. Ao contrário, as regiões relacionadas às extremidades como face e paleta (A e B) apresentaram os menores ajustes, sendo, provavelmente devido ao fato destas regiões serem utilizadas pelos animais na busca por superfícies de maior troca de calor, influenciando os valores de temperatura obtidos.

Já nos modelos para predição de FR, houve diferença apenas para o modelo entre FR e Tb, onde agora o melhor local foi o lombo (região C), trazendo indício de que as regiões mais protegidas, como a timpânica e a orelha, sendo mais internas ao corpo do animal, possuem melhores correlações com a TR. Ao mesmo tempo em que as regiões situadas na superfície corporal, em contato direto com o ambiente externo, podem apresentar boas correlações com a FR, uma vez que essa última é mais susceptível a variações ambientais externas do que a TR.

Para uma melhor visualização dos resultados obtidos nesta etapa, foram plotados gráficos de TR e FR em função da entalpia, tanto dos dados coletados, quanto das regressões múltiplas para TiF, que apresentou melhor ajuste  $R^2$  em ambos os casos. Realizou-se ainda, gráficos de superfície de resposta, tendo as mesmas variáveis envolvidas, com o auxílio do *software* MATLAB® R2013a (Figura 4).

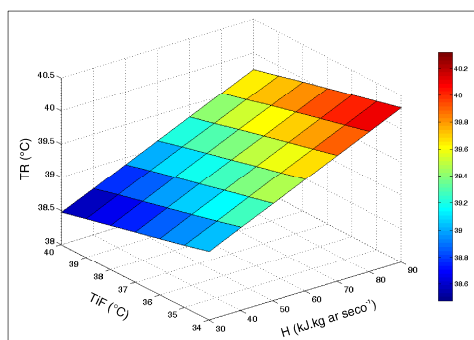


(a)

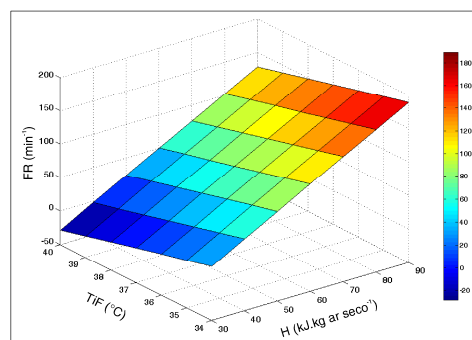


(b)

**FIGURA 3.** Dispersão entre (a) TR e H e (b) FR e H, com suas regressões para TiF.



(a)



(b)

**FIGURA 4.** Gráficos de superfície de resposta para (a) TR e (b) FR, ambos em função de TiF e H.

Os valores preditos com as regressões da Figura 3 situaram-se sempre dentro do *range* de variação da TR e FR reais observadas, demonstrando consistência e exatidão nos valores preditos. Na Figura 3a, fica clara a pequena variação da TR média ao longo das diferentes situações térmicas, em torno de 3%, enquanto a FR (Figura 3b), chega a apresentar variações da ordem de 300%.

É possível identificar, na Figura 3b, a existência de um ponto de virada na curva de FR em função da entalpia ambiente (59,24 kJ.kg de ar seco<sup>-1</sup>), apresentando mudanças nos valores de média e variância. Este ponto pode ser descrito como a entrada na situação térmica de desconforto ambiental por calor, com o acionamento dos mecanismos termorregulatórios do animal. Sendo também evidenciado pela mudança de coloração na superfície resposta de FR da Figura 4b.

Como desdobramento futuro desse trabalho, pode-se citar ainda a implementação de algoritmos de lógica *Fuzzy* para a estimativa da situação de conforto térmico dos animais, como já realizado para diferentes estágios e tipos de animais (TOLON et al., 2010) e utilização de modelos com funções em cadeia envolvendo TR e FR.

A partir da metodologia de experimentação e análise de dados, para o levantamento de relações fisiológicas, será possível realizar outras pesquisas aplicando-a, com adaptações que se fizerem necessárias, para diferentes idades, genéticas e sistemas de criação, possibilitando a criação de um banco de dados de modelos que abranjam todo o período de vida dos animais, facilitando a automação durante todo o processo. Serve ainda de base para pesquisas futuras no sentido de desenvolvimento de sistemas de controle ambiental de instalações, desenvolvimento de sensores de contato e técnicas de aferição e monitoramento contínuo de variáveis fisiológicas de suínos.

**CONCLUSÕES:** Foi possível correlacionar as temperaturas da superfície corporal e entalpia específica do ar com temperatura retal e frequência respiratória, propondo modelos de regressão linear múltipla, onde a região timpânica (TiF), mostrou-se como a melhor opção ao utilizar termômetro de infravermelho, devido a uma menor susceptibilidade aos efeitos ambientais externos, maior praticidade na obtenção de medidas e possibilidade de instalação de um sensor residente. Já ao utilizar sensores na superfície corporal, as melhores opções foram: orelha (TbE) para predição de temperatura retal, provavelmente devido ao fato do iButton isolar esta região dos efeitos externos; e lombo (TbC) para predição de frequência respiratória, sendo esta uma região que sofreu menor influência ambiental devido ao acesso restrito dos animais, menor contato com superfícies úmidas ou de alta troca de calor e menor influência da movimentação dos animais.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPESP, CAPES, CNPq e USP pelo suporte financeiro e institucional a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, H.M.; JØRGENSEN, E.; DYBKJÆR, L.; JØRGENSEN, B. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, NL, n. 113, p. 43-56, 2008.
- BROWN-BRANDL, T.M.; YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R.S.; BUCKLIN, R.A.; ROSS, G.S. A new telemetry system for measuring core body temperature in livestock and poultry. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v. 19, n. 5, p. 583-589, 2003.
- GREEN, A.R.; GATES, R.S.; LAWRENCE, L.M.; WHEELER, E. F. Continuous recording reliability analysis of three monitoring systems for horse monitoring temperature. *Computers and Electronics in Agriculture*, Davis, v. 61, p. 88-95, 2008.
- MOSTAÇO, G.M.; PECORARO, C.A.; SILVA-MIRANDA, K.O. Uso da entalpia como índice de conforto térmico na suinocultura: desenvolvimento e reprodução. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2014, No Prelo.
- PECORARO, C.A.; MOSTAÇO, G.M.; SILVA-MIRANDA, K.O. Uso da entalpia como índice de conforto térmico na suinocultura: matrizes e leitões. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2014, No Prelo.
- TOLON, Y.B.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; ROJAS, M.; MOURA, D.J. Ambiência térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-13, 2010.