

Amanda Vasconcelos Guimarães
(Organizadora)

ZOOTECNIA:

Sistema de produção animal e forragicultura



Amanda Vasconcelos Guimarães
(Organizadora)

ZOOTECNIA:

Sistema de produção animal e forragicultura



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Zootecnia: sistema de produção animal e forragicultura

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Vasconcelos Guimarães

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Z87 Zootecnia: sistema de produção animal e forragicultura / Organizadora Amanda Vasconcelos Guimarães. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-936-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.360222202>

1. Zootecnia. I. Guimarães, Amanda Vasconcelos (Organizadora). II. Título.

CDD 636

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A demanda por proteína animal, como carne e leite, é crescente e estimulada pelo crescimento populacional. Atualmente, o desafio da produção animal é produzir alimentos em quantidade e qualidade, em sistemas de produção que se ajustem às realidades específicas locais e regionais, considerando aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais, de forma competitiva e sustentável. Nesse sentido, pesquisadores e pecuaristas brasileiros estão cada vez mais atentos as mudanças e exigências do setor de produção, buscando soluções e tecnologias para garantir eficiência produtiva, competitividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

O e-book, intitulado “Zootecnia: Sistemas de produção animal e forragicultura”, traz sete capítulos sobre diferentes assuntos da produção animal e produção de forragem. Esta obra abordará temas como: avaliação dos princípios de saúde e bem-estar animal, uso de termografia na produção de suínos, mensuração de garupa como uma ferramenta para seleção de matrizes, potencial carrapaticida da geoprópolis de abelha urucu, uma revisão sobre a viabilidade da produção de leite a pasto no Brasil, bem como, o uso de sistemas integrados como estratégia de renovação e recuperação de pastagem degradadas, e efeito do uso de aditivos sobre a composição nutricional de silagem de cana-de-açúcar.

Este é um material multidisciplinar, destinado a produtores rurais, acadêmicos e profissionais das áreas de zootecnia, veterinária, agronomia, e todos aqueles que buscam conhecimento científico de fácil acesso. Assim, cabe aqui agradecer aos autores, por terem colaborado enviando seus trabalhos e a Atena Editora por permitir a divulgação científica e publicação simplificada de textos em diferentes áreas de conhecimento.

Amanda Vasconcelos Guimarães


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO *in vitro* DO USO DA GEOPRÓPOLIS DE ABELHA URUÇU (*Melipona scutellaris*) COMO AGENTE CARRAPATICIDA

Islane Lorrane Carvalho Fagundes

Fred da Silva Julião

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222021>

CAPÍTULO 2..... 12

USO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA PRODUCCIÓN PORCINA DE PRECISIÓN. VALIDACIÓN DE EQUIPOS Y EXPERIENCIAS

Paula Sánchez-Giménez

Laura Martínez Alarcón


Iván Galindo

Antonio Marín-Moya

Livia Mandonça Pascoal

Sarah Chagas

Guillermo Ramis


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222022>

CAPÍTULO 3..... 25

MENSURAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE GARUPA DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE (*Bos taurus, indicus*)

Wellington Hartmann

Jessica Aparecida Farias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222023>

CAPÍTULO 4..... 29

BEM-ESTAR DE BOVINOS DE LEITE NA MICRORREGIÃO DE ERECHIM – RS: PRINCÍPIOS DE BOA SAÚDE E COMPORTAMENTO APROPRIADO

Diego Azevedo Mota


Aline Fachin Martini

Bruna Laurindo Rosa

Samuel de Paula

Márcia Maria Oziembowski

Nerandi Luiz Camerini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222024>

CAPÍTULO 5..... 41

PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO NO BRASIL

Haroldo Wilson da Silva


Arleto Tenório dos Santos

Luis Eduardo Vieira Pinto

Maycon Amim Vieira

Pierro Eduardo Perego

Thadeu Henrique Novais Spósito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222025>

CAPÍTULO 6..... 52

**INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COMO ESTRATÉGIA PARA RECUPERAÇÃO E
RENOVAÇÃO DE ÁREAS DE PASTAGEM DEGRADADA**

Albert José dos Anjos


Alberto Jefferson da Silva Macêdo

Danielle Nascimento Coutinho

Carolina de Paula Pires

Rafael Lelis de Freitas

Haviner Paixão de Sena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222026>

CAPÍTULO 7..... 65

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE ALTOS TEORES DE BENZOATO DE SÓDIO NA
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR**


Miguel Antonio Lara-Calderón

Celso Heinzen Junior

Odimári Pricila Prado Calixto

Egon Henrique Horst

Valter Harry Bumbieris Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3602222027>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 72

ÍNDICE REMISSIVO..... 73

CAPÍTULO 2

USO DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA PRODUCCIÓN PORCINA DE PRECISIÓN. VALIDACIÓN DE EQUIPOS Y EXPERIENCIAS

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 17/12/2021

Paula Sánchez-Giménez

Agropor S.A. Las Torres de Cotillas
Murcia, España

Laura Martínez Alarcón

Servicio de Cirugía, Hospital Universitario
Virgen de la Arrixaca
Instituto Murciano de Investigación Biosanitaria
Murcia, España
ORCID: 0000-0001-7497-6709

Iván Galindo

Agropor S.A. Las Torres de Cotillas
Murcia, España

Antonio Marín-Moya

CEFUSA, Alhama de Murcia, España

Livia Mandonça Pascoal

Escola de Veterinária, Universidade Federal de
Goiás
Goiânia, Brasil
ORCID: 0000-0002-4900-5334

Sarah Chagas

Escola de Veterinária, Universidade Federal de
Goiás
Goiânia, Brasil

Guillermo Ramis

Instituto Murciano de Investigación Biosanitaria
Departamento de Producción Animal. Facultad
de Veterinaria. Universidad de Murcia
Murcia, España
ORCID: 0000-0001-5580-1612

RESUMEN: La cría de precisión demanda herramientas que ayuden a finar los manejos tanto productivos, como reproductivos y sanitarios. La termografía ofrece una tecnología que se puede implementar en distintos ámbitos de la porcicultura. Se revisan las experiencias de validación de una termocámara Smart y una aplicación para la detección de lechones neonatos con hipotermia, que pueden llegar a suponer el 80% de las bajas en las primeras 24 horas, de lechones lactantes con hipertermia, que ayudará a mejorar el manejo sanitario, y a detectar celos en ambientes cálidos donde éstos pueden ser silentes.

PALABRAS CLAVE: Termografía, FLIR ONE, degree, hipotermia, hipertermia, celo.

ABSTRACT: Precision pig production demands tools that help to improve productive, reproductive and sanitary management. Thermography offers a technology that can be implemented in different areas of pig farming. We review the validation experiences of a Smart thermocamera and an application for the detection of newborn piglets with hypothermia, which can account for 80% of the deaths in the first 24 hours, of lactating piglets with hyperthermia, which help to improve the sanitary management, and to detect heat in warm environments where they can be silent.

KEYWORDS: Thermography, FLIR ONE, Degree, hypothermia, hyperthermia, heat.

INTRODUCCIÓN

La termografía infrarroja es una técnica no invasiva que mide las radiaciones infrarrojas

que emiten todos los cuerpos, lo cual permite visualizar patrones de temperatura.

La generación de imágenes basadas en diferencias de temperaturas fácilmente medibles, ha hecho que la industria mostrase un elevado interés en las imágenes térmicas. Así, permiten incluso detectar anomalías antes de que se produzca un problema visible, lo que permite evitar averías gracias a la prevención. Se comienza entonces a implementar el uso de la termografía durante los procesos de diseño de los productos. Esto ha conllevado el desarrollo de sucesivas generaciones de cámaras capaces de captar imágenes termográficas que finalmente se han empezado a utilizar en ámbitos muy diversos, además del industrial. Sin embargo, el coste de las cámaras sigue siendo demasiado elevado (más de 20.000€) hasta que industrias clave, como la automovilística, centran su interés en esta técnica y comienza la producción en masa. Todo esto ha favorecido que actualmente se pueda adquirir una cámara térmica de buena calidad por un precio inferior a los 200€, que además puede operar con cualquier teléfono, lo que ha impulsado definitivamente su uso en otras aplicaciones como la sanidad veterinaria y más en concreto el uso en clínica porcina.

Cabe decir que la pandemia producto de la diseminación universal del virus SARS-Cov2, agente etiológico de la enfermedad conocida como COVID19 ha conllevado una universalización de las técnicas de obtención rápida de temperatura en la piel de las personas, lo que ha acelerado aún más el desarrollo de tecnologías asequibles, fáciles de utilizar y con una fiabilidad aceptable. Hoy en día es habitual encontrar equipos de lectura de perfiles infrarrojos en lugares como el acceso a hipermercados, estaciones de tren, aeropuertos u hospitales.

En este artículo revisaremos las experiencias de validación de termografía mediante cámaras acoplables a smartphone, más allá de la utilidad clínica de evaluar la presencia de fiebre en reproductores o animales de cebo. Concretamente mostraremos datos de la validación para la detección de lechones en lactación con fiebre, lechones neonatos con hipotermia o detección de celo.

Pero antes repasaremos los distintos tipos de termografía infrarroja existentes en el mercado.

LOS EQUIPOS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Todos los cuerpos u objetos cuya temperatura sea mayor a 0°K (-273°C) emiten radiación térmica (infrarroja), que es una forma de radiación electromagnética cuya longitud de onda es mayor que la de la luz visible, y por ello no es evidente al ojo humano. Está demostrado (por la física) que la temperatura de un cuerpo es directamente proporcional la radiación infrarroja (IR) que emite, y se puede calcular con la siguiente ecuación: $E = \epsilon \sigma T_o^4$, donde ϵ es la emisividad del objeto (capacidad para radiar energía térmica), σ la constante de Stefan Boltzman, T_o la temperatura del objeto y E la radiación infrarroja (Olarte

et al.,2011).

Las cámaras termográficas son los equipos encargados de transformar la radiación infrarroja en una imagen térmica. Para ello tienen los siguientes componentes: dos lentes, un filtro, un detector o microbolómetro, un procesador y la pantalla. La radiación infrarroja atraviesa las lentes y el filtro, y alcanza el microbolómetro, donde es transformada en energía eléctrica. Esta señal es procesada y transformada (procesador) en la imagen térmica que se muestra en la pantalla (Figura 1). Los resultados de este proceso pueden ser cualitativos o cuantitativos: en el primer caso la pantalla muestra una imagen con diferentes colores que según la distribución de la temperatura; en el segundo caso la cámara ofrece como resultado el valor de la temperatura del objeto examinado (Olarte et al.,2011).

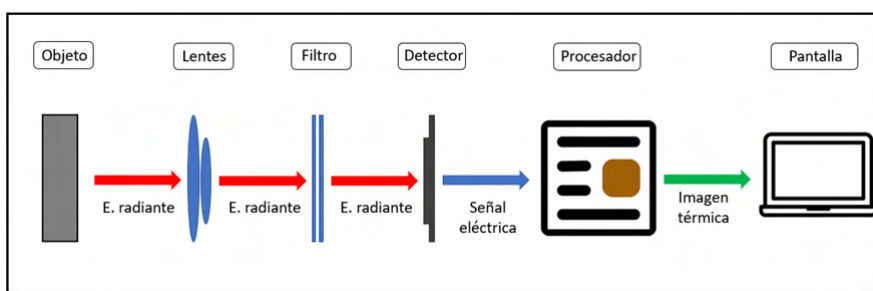


Figura1: Esquema del procesado de la señal infrarroja.

Fuente: Olarte et al.,2011.

Actualmente en el mercado encontramos distintos tipos de dispositivos para hacer termografías; que se pueden agrupar, de forma muy general, en tres grupos: los dispositivos que se pueden acoplar a un smartphone, los dispositivos portátiles, los dispositivos tipo pistola y los dispositivos integrados en un smartphone. La diferencia entre los primeros y los últimos estriba en que estos últimos ya tienen la termocámara integrada en el propio dispositivo, que, además, normalmente es un teléfono robusto puesto que su uso principal está pensado en industria.

Los precios son muy variados, dependiendo del tipo de instrumento, y varían notablemente entre los distintos tipos de dispositivo e incluso al comparar los precios en distintos países. La figura 2 muestra un pequeño ejemplo de cada uno de los tipos de dispositivos y su precio estimado en España (obviamente los precios cambian continuamente y varían enormemente entre países).



Figura 2. Tipos de dispositivos de adquisición termográfica. **Dispositivos acoplables a smartphone:** A. Flir One Pro para IOS (Flir Inc, 460 euros), B. Seek Thermal (Seek thermal; 290 euros para IOS, 299 euros para Android), C. Indolay (Indolay, 99 euros), **Dispositivos portátiles:** D. Seek thermal RevelPro (780 euros), E. FLIR C5 (670 euros), F. FLIR T865 (23.000 euros), **Dispositivos tipo pistola:** G. Fluke Ti4800 (Fluke Corporation, 15.000 euros), H. FLIT E8 (3.500 euros), **Dispositivos integrados en smartphone:** I. CAT S61 (CAT, 1300 euros), J. Armor 9 (460 euros), K. Blackview Bv9800 (Blackview, 730 euros)

Es lógico pensar que la eficiencia de los equipos también cambia a medida que se utilizan los equipos más sofisticados y caros. Sin embargo, en el ambiente de las granjas, utilizar estos equipos puede resultar no rentable. Por tanto, en este artículo se van a exponer las distintas experiencias obtenidas con equipos acoplables a smartphone, que por precio y funcionalidad son los que en el futuro es más probable que se usen en el entorno ganadero. Otra cuestión es la instalación de cámaras fijas de termografía en las naves de cría con métodos de precisión, pero esto de momento, es más futuro que presente.

USOS DE TERMOGRAFÍA EN PRODUCCIÓN PORCINA: EXPERIENCIAS DE VALIDACIÓN

Desde luego, el uso más evidente que tiene la termografía en producción porcina es el análisis de las condiciones ambientales en los edificios de cría de cerdos, con la intención de encontrar aquellas alteraciones que puedan alterar el confort térmico de los animales y propiciar carencias de bienestar, de salud o pérdidas de rendimientos productivos. Sin embargo, en este artículo dejaremos de lado este uso para centrarnos en los posibles usos clínicos que pueda presentar la termografía utilizando dispositivos acoplables a smartphone. Mostraremos algunas de las experiencias llevadas a cabo en usos concretos.

Detección de lechones lactantes hipotérmicos

Los lechones utilizados para este experimento fueron 158 animales, a los cuales se le tomaron dos mediciones: a las 12 y a las 36 horas tras el nacimiento. Estos lechones no fueron escogidos al azar, sino que mediante la observación y la termometría clásica se seleccionaron aquellos que padecían hipotermia. Además, por cada neonato hipotérmico se seleccionó un hermano con la temperatura corporal fisiológicamente. Todos ellos eran cruce de una hembra cruzada (Large White-Landrace) y un macho Duroc semigraso.

Para la toma de las termografías se utilizó una cámara térmica FLIR ONE PRO para iOS, acoplada a un iPhone 6 (Apple, USA), con un conector Lightning, a través de su puerto de carga. Para medir la temperatura rectal se empleó un termómetro digital de uso veterinario (ST714A, Mesure Technology, Taiwan).

Las imágenes termográficas se analizaron mediante la aplicación Degree® (Beinfive, España), que se incorpora al teléfono móvil al que se acopla la termocámara. Recoge la emisión infrarroja cutánea y la convierte en temperatura, creando imágenes termográficas como la que se observa en la figura 3, además de estimar la temperatura infrarroja máxima (T_{max}). Igualmente, posee un algoritmo mediante el cual es capaz de determinar si la temperatura medida es normal para el animal estudiado o es demasiado alta, mostrando la diferencia en una escala de colores: verde (normal), naranja (ligeramente alta) y rojo (hipertermia). Sin embargo, la aplicación aún no presenta una función que identifique mediante color si el animal escaneado presenta hipotermia.

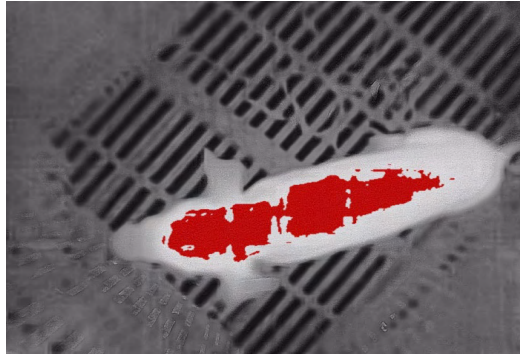


Figura 3. Imagen termográfica de un lechón neonato, usando el filtro de temperatura máxima, analizado mediante Degree®.

Los lechones con entre 6 y 12 horas de vida eran observados y seleccionados aquellos que padecían hipotermia, así como un hermano sano por cada lechón hipotérmico. Para la recopilación de datos, los animales se introdujeron en una caja de cartón de reducido tamaño para minimizar la movilidad del animal y facilitar tareas como el pesaje y la toma de la termografía.

Una vez seleccionados los lechones, se crotalaron para identificarlos al día siguiente, ya que se realizaban dos mediciones sobre cada individuo (a las 12 y 36 horas de vida). Posteriormente se pesaba, se le tomaba la temperatura rectal (Trec) y la termografía, rellenando todos los datos que solicita la aplicación Degree (identificación, temperatura ambiental, humedad relativa, luminosidad, genética, peso y temperatura rectal). Este mismo proceso se repetía 24 horas después.

Además de los datos incluidos en la aplicación Degree, manualmente se tomaron algunos datos como el tipo de suelo sobre el que se encontraban los animales (enrejillado de plástico con placa metálica calefactora o 40% cemento - 60% enrejillado de plástico, con calefacción en una parte del suelo encementado), la presencia o no de bombilla calefactora, datos productivos del parto en el que se encuentra el lechón (lechones nacidos totales, nacidos vivos, nacidos muertos y momificados), el peso y la temperatura rectal.

Finalmente, se tomaron 291 termografías, de las cuales 158 correspondían a la medición realizada a las 12 horas de vida del lechón y las 133 restantes correspondían a la medición de las 36 horas. Se obtuvieron correlaciones muy significativas ($p < 0,001$) entre todas las mediciones de temperatura. Al comparar la Trec y la Tmax (temperatura Degree) a las 12 horas, se observó una correlación $r=0,511$, mientras que a las 36 horas fue de $r=0,423$. También se obtuvo la correlación entre la Trec a las 12 horas y la Tmax a las 36 horas ($r=0,388$) y entre la Trec a las 36 horas con la Tmax a las 12 horas ($r=0,337$).

Estos resultados de correlaciones medias y altas muestran que existe una asociación entre la temperatura corporal y la emisión de infrarrojos cutánea, y coinciden con los obtenidos en otros estudios anteriores en el lomo de lechones recién nacidos

(Kammersgaard et al., 2013), y en regiones del abdomen, dorso o periné de lechones (Chung et al., 2010). Estas correlaciones variaron entre 0,3 y 0,82.

Igualmente se alcanzaron unas correlaciones muy significativas ($p < 0,001$) entre el peso del lechón a las 12 horas y las diferentes tomas de temperatura. Al comparar el peso a las 12 horas con la Trec en ese mismo momento la correlación obtenida fue de $r = 0,684$; mientras que con la Trec a las 36 horas fue de $r = 0,572$; con la Tmax en la primera medición fue de $r = 0,289$; y, en la segunda medición fue de $r = 0,322$.

En cuanto a la mortalidad, la Figura 4 muestra la temperatura media rectal y termográfica en los lechones que sobrevivieron o no a las 36 horas.

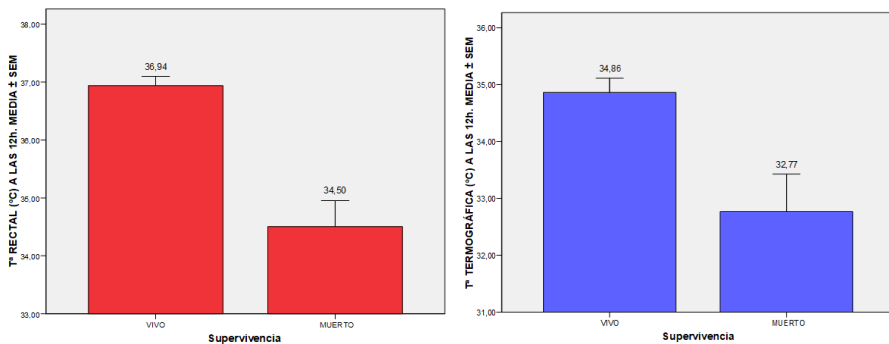


Figura 4. Izquierda: Media \pm SEM de la temperatura rectal a las 12 horas de los lechones que murieron antes de las 36 horas de vida y los que sobrevivieron. Derecha: Media \pm SEM de la temperatura termográfica a las 12 horas de los lechones que murieron antes de las 36 horas de vida y los que sobrevivieron.

La diferencia entre animales supervivientes o no fue significativa para Trec ($p < 0,001$), y en Tmax ($p = 0,004$), lo que pone de manifiesto la diferencia en ambas temperaturas en cada grupo de lechones. Asimismo, la mortalidad fue muy distinta entre los animales que mostraban hipotermia a las 12 horas (30,3% mortalidad) y los que no mostraban mortalidad (5,42% de mortalidad). Los animales con hipotermia mostraron una diferencia significativa entre la frecuencia observada de mortalidad y la esperada ($p < 0,0001$, Residuo corregido=4,2).

Estos resultados indican que, conociendo la temperatura rectal o la termográfica del lechón a las 12 horas de vida, podemos estimar la probabilidad de supervivencia del mismo a la hipotermia post-natal; hecho que coincide con la conclusión de Tuchscherer et al., (2000), en la que afirmaba que las posibilidades de supervivencia del lechón a la hipotermia post-natal dependen de la magnitud y duración de la misma.

El uso de termografía conllevaría un ahorro muy notable del tiempo necesario para detectar lechones hipotérmicos, pudiendo actuar sobre ellos de forma más precoz y con más eficiencia que usando la termografía clásica. Los animales por debajo de 33°C en termografía cutánea del cuerpo entero con una vista dorsal tienen reducidas las posibilidades

de supervivencia sin una acción directa sobre ellos. El 80% de las bajas que se produjeron en las primeras 36 horas presentaban hipotermia, por lo que la detección precoz de estos animales supone una oportunidad de salvar una gran cantidad de animales.

Detección de hipertermia en lechones lactantes

Las imágenes fueron tomadas en lechones de 7 a 21 días de edad, procedentes de dos explotaciones de la Región de Murcia (España). En las instalaciones de la GDV (Guadalupe) se tomaron un total de 109 imágenes de lechones de raza Large White así como de 7 lechones de raza Duroc. Por otra parte, en las instalaciones de Agropor S.L. (Las Torres de Cotillas) se obtuvieron un total de 102 imágenes pertenecientes todas ellas a lechones de un cruce de línea madre, Landrace x Large White. Esto hace un total de 218 imágenes obtenidas con la aplicación FLIR ONE. Además, 177 de ellas se registraron también con Degree®.

Para la toma de imágenes se utilizó una cámara térmica FLIR ONE en su versión para Android, acoplada a un teléfono Samsung A7 (Samsung, Corea del Sur).

Para analizar las termogramas capturadas se utilizaron dos programas: FLIR TOOLS (FLIR Inc, EEUU) con el que, utilizando el filtro “Iron”, se realizaron ventanas rectangulares para la captura térmica del lomo y circulares para la captura de las ventanas térmicas de la zona auricular (base de las orejas), tomando de cada registro los valores de temperatura máxima (LMax y OrMax), temperatura media (LMed y OrMed) y temperatura mínima (LMin y OrMin) (figura 5) y la aplicación Degree, ideada para indicar la probabilidad de que un animal tenga una temperatura corporal elevada, obtiene por sí misma la temperatura máxima captada en toda la imagen (despreciando aquellas temperaturas superiores a 45°C).

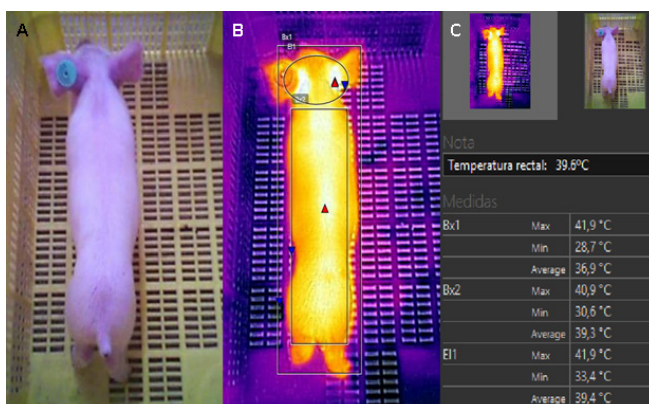


Figura 5. Imagen obtenida mediante FLIR ONE y analizada con la aplicación FLIR TOOLS. A) Imagen real en baja resolución del animal. B) Imagen termográfica con el filtro *Iron* en la que se aprecia el rectángulo para la toma de datos en el lomo (Bx2) y el óvalo para la toma de datos en la base de las orejas (EI1). C) Datos máximo, medio y mínimo leído en cada una de las ventanas dibujadas en la imagen térmica

Los lechones se cogieron directamente de las parideras sin someterlos a restricción de espacio previo a la captura de las imágenes. Para poder realizar las capturas sin movimientos del animal, éstos se metieron individualmente en una caja de plástico. Una vez realizada la toma de la imagen con ambas aplicaciones se procedió a la toma de temperatura rectal.

Los animales analizados mostraron una temperatura media de $39,25 \pm 0,044$ (media \pm SEM), que correspondería a una temperatura fisiológica. La máxima obtenida fue de $40,9^\circ\text{C}$ y la mínima de $37,5^\circ\text{C}$.

Las correlaciones de Pearson entre parámetros termográficos obtenidos con la aplicación FLIR ONE aparecen en la tabla 1.

	Lmax	Lmin	Lmed	Ormax	Ormin	Ormed
Correlación de Pearson	0,589(**)	0,389(**)	0,496(**)	0,589(**)	0,293(**)	0,508(**)
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N	205	205	205	205	205	205

Tabla 1. Correlaciones entre parámetros termográficos y la Trec.

La mayor correlación observada se dio entre TLmax y Trec y entre la temperatura máxima de la base de las orejas (TOrmax) y la temperatura rectal. Por el contrario, la correlación obtenida en el caso de las temperaturas mínimas del lomo (TLmin) y la base de las orejas (TOrmin) fue baja. Esto se debe al procesamiento de las imágenes a través de FLIR TOOLS, ya que en la mayoría de las ocasiones la temperatura mínima de las ventanas seleccionadas se encuentra fuera del animal, haciendo referencia a las temperaturas de la superficie de las instalaciones.

Las correlaciones obtenidas entre parámetros termométricos obtenidos con Degree® y temperatura rectal aparecen en la tabla 2.

	Trec	TLmax	TLmin	TLmed	TOrma x	TOrmi n	TOrme d
Correlación de Pearson	,470(**)	,563(**)	,502(**)	,545(**)	,548(**)	,471(**)	,567(**)
P-valor	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
N	165	165	165	165	165	165	165

Tabla 2. Correlaciones entre parámetros termométricos.

La correlación entre la temperatura máxima obtenida a partir de Degree (Tdegree) y la temperatura rectal (Trec) fue de 0,470 ($p < 0,001$); además se obtuvieron correlaciones

elevadas con todos los parámetros de termográficos medidos con FLIR.

Con ambas aplicaciones se ha obtenido una buena correlación entre la lectura termográfica cutánea y la temperatura rectal, pero es destacable que la medición de la temperatura cutánea por termografía supone una ventaja notable sobre la termometría clínica rectal porque:

- Se evita la manipulación de los animales, con la reducción en el estrés de los mismos y las consecuencias derivadas de éste.
- Se evita la posible transmisión yatrogénica de patógenos tanto de diseminación oro-fecal como aquellos patógenos respiratorios que se excretan por heces, como podría ser PCV2.
- Se reduce muy notablemente el tiempo necesario para evaluar el estado térmico de los animales, con el consiguiente ahorro de mano de obra y aumento de la eficiencia productiva.
- Todo esto debería incrementar el control de la temperatura de los animales, permitiendo una detección de aquellos que estén mostrando hipertermia y por tanto permite un tratamiento más individualizado y precoz con las ventajas terapéuticas que ello implica.

Detección de celo mediante termografía

La detección precisa del celo es esencial para mejorar el rendimiento reproductivo en la producción porcina. Hoy se basa en la evaluación combinada de humanos y verracos. Sin embargo, los machos para este propósito son costosos, ya que su productividad es muy limitada comparados con el coste que conllevan y además, cada vez queda más claro que la recela debería hacerse con un grupo de verracos y no con un solo animal, lo que encarece aún más este protocolo.

Además, en zonas cálidas, estando bajo situaciones de estrés por calor, la incidencia de celos silentes aumenta, detectando animales que no muestran claramente reflejo de inmovilidad antes los machos.

El objetivo de este trabajo fue investigar la capacidad de la aplicación Degree® diseñada para la detección de fiebre para encontrar variaciones de temperatura durante el estro tras el destete.

Se registró la temperatura rectal y vaginal de 42 cerdas después del destete durante 7 días mediante termómetro clínico 3 veces al día (mañana, tarde y noche) y simultáneamente se obtuvo una imagen térmica de las áreas vulvares con la aplicación Degree® mediante una cámara térmica FLIROne PRO para Android, acoplada a un teléfono Samsung A6 (Samsung, Corea del Sur). Esta aplicación calcula la temperatura máxima en la imagen, eliminando las temperaturas superiores a 45°C. Además, a las cerdas se les adhirió, mediante dos puntos de sutura previa anestesia tópica a la piel lateral del cuello un termómetro de registro continuo Thernocron DS1921H-F5 (Maxim Integrated) para registrar

continuamente la temperatura de la piel de las cerdas, leyendo la temperatura cada 5 minutos (2048 registros por animal). El inicio y el final del celo se evaluó visualmente sobre la base de los signos clásicos, como el enrojecimiento de la vulva, la presencia de moco y el reflejo de inmovilización.

De las 42 cerdas estudiadas, se obtuvieron un total de 490 registros termométricos y termográficos y más de 209,000 registros individuales de thermocrón.

El área vulvar ofrece una imagen claramente más fría que la piel circundante durante el período de celo (Figura 6).

Una vez analizado el conjunto de datos utilizando la prueba de Mann-Whitney, hubo diferencias significativas en la temperatura vaginal (Figura 7A) con los animales durante el estro que mostraron una temperatura cercana a 0,3°C más baja que los animales durante los días sin estro ($p < 0,001$). Curiosamente, no hubo diferencia entre los días sin estro y de estro para la temperatura termométrica rectal (Figura 7B), la temperatura cervical de la piel registrada por thermocrón (Figura 7C) o la temperatura termográfica de Degree® (Figura 7D).

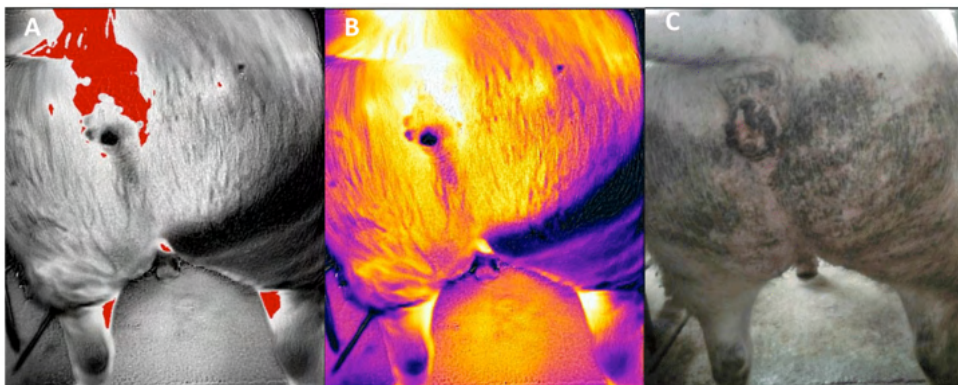


Figura 6: Imágenes térmicas registradas por A) Degree®; que registran la temperatura más alta en rojo; B) la imagen convertida en filtro *Iron*; el blanco son las zonas más calientes y el morado las zonas más frías y C) la imagen real grabada por la cámara FLIROne

Se obtuvieron diferencias significativas entre la temperatura vaginal y la temperatura de la piel registrada por el thermocrón, y la temperatura vaginal y la temperatura rectal en los días sin estro y sin estro.

Hubo correlación entre los diferentes parámetros, que aparecen en la Tabla2.

	Degree®	Vaginal	Thermocron
Rectal	0,119 (p=0,008)	0,115 (p=0,011)	0,196 (p<0,0001)
Degree®		0,486 (p<0,001)	0,248 (p<0,0001)
Vaginal			0,125 (p=0,008)

Tabla 2. Correlación de Spearman entre parámetros analizados

Es notable la correlación entre la temperatura vaginal y Degree2act, ya que ha sido la más alta de todas las correlaciones.

De esta experiencia de validación, se saca alguna información muy valiosa. La primera es que hay una clara disminución de la temperatura vaginal durante los días de estro, sin variación significativa de la temperatura cutánea o rectal.

Además, se ha encontrado una buena correlación entre las mediciones de Degree® y la temperatura vaginal, incluso cuando esta aplicación registra la temperatura más alta. El uso combinado de las termocámaras FLIR One y la App Degree® serán en el futuro una herramienta adecuada para detectar el momento del estro, una vez adaptadas para buscar la temperatura mínima en el área vulvar.

Media \pm SEM de distintos parámetros obtenidos los días antes y durante el estro A) Temperatura vaginal; B) Temperatura termométrica rectal; C) Registros de thermocron de temperatura de la piel; D) Sistema termográfico Degree2act + FLIROne; E) Diferencia entre temperatura vaginal y cutánea obtenida por Thermocron y F) Diferencia entre temperatura vaginal y rectal.

CONCLUSIONES

La termografía, más allá del uso clásico de evaluación de calidad térmica de las instalaciones de animales, se presenta como una alternativa interesante para la cría de animales de precisión.

El abaratamiento que han tenido los equipos en el último lustro, hace que sea una herramienta asequible y nos planteemos seriamente su implementación en porcicultura. Este artículo muestra tres usos alternativos para la termografía, que van desde la detección de lechones neonatos hipotérmicos, que en nuestro estudio supusieron un 80% de las bajas registradas. Por tanto, la termografía ayudaría a decidir que animales hay que someter a manejos adicionales para mejorar su supervivencia.

Igualmente, la detección de fiebre en lactantes nos ayudará a detectar precozmente enfermedades como las diarreas que pueden acuciar a los animales en esta fase productiva.

Finalmente, esta técnica puede ayudarnos en la detección eficiente de celo y por tanto mejorar el rendimiento reproductivo de las granjas.

La principal fortaleza de la termografía es la facilidad de uso y, sobre todo, el ahorro de tiempo y por tanto de mano de obra. Las debilidades son la necesidad de contar con equipos especializados; las termocámaras, y que aún tenemos que refinar la influencia que pueden tener factores ambientales como la luminosidad, la temperatura o la humedad relativa en el rendimiento de dichos equipos.

REFERENCIAS

Chung TH, Jung WS, Nam EH, Kim JH, Park SH, Hwang CY. Comparison of rectal and infrared thermometry for obtaining body temperature of gnotobiotic piglets in conventional portable germ free facility. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 2010;23(10):1364–1368

Galindo, I., Sánchez, P., Sandoval, H., Martínez-Alarcón, L., Mendonça, L., Ramis, G. Validación de termografía mediante smartcamara FLIR ONE para determinar variaciones de temperatura en lechones lactantes. *Proceeding del XVIII Congresso de ABRAVES.* Goiânia, Brasil, 17 a 19 de octubre de 2017

Kammersgaard TS, Malmkvist J, Pedersen LJ. Infrared thermography – a non-invasive tool to evaluate thermal status of neonatal pigs based on surface temperature. *Animal.* 2013;7(12):2026–2034.

Olarte CW, Botero AM, Zabaleta BC. Aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo. *Sci Tech.* 2011;(48):253–256.

Ramis G, Sánchez P, Úbeda JL. Validation study of thermography camera: preliminar results. *Proceeding del 9th ESPHM,* Pp: 283. Praga, 3-5 Mayo 2017.

Tuchscherer M, Puppe B, Tuchscherer A, Tiemann U. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology.* 2000;54(00):371–388.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aditivo químico 65

Alimentação 2, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 72

B

Bacias leiteiras 42

Bovino 1, 40, 41

Bovinocultura 2, 25, 26, 30, 35, 41, 43, 58

Bovinos leiteiros 39, 41

C

Capacidade de suporte 49, 54

Capim elefante 44

Carrapatos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 31, 32, 35, 36

Células somáticas 29, 31, 32, 35, 38

Ciclagem de nutrientes 52, 57

Claudicação 31, 34

Clima 30, 36, 44, 48, 55

Comportamento 29, 31, 32, 37, 38, 39, 58, 61, 63, 68

Compostos fenólicos 8, 11

Concentrado 45, 47

Culturas agrícolas 53

D

Desempenho animal 48

E

Ectoparasitoidas 2

Ensilagem 66, 67, 71

Estabilidade aeróbia 66, 70

Estresse 29

F

Fármacos 2

Fermentação alcoólica 65, 67

Fertilizantes 52, 57, 58, 59, 62, 64
Forrageiras 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 63, 72
Fracionamento de carboidratos 65, 69

G

Gramíneas 43, 44, 45, 46, 50, 55, 59, 60, 66

H

Hipertermia 12, 16, 19, 21

Hipômetro 25, 26

Hipotermia 12, 13, 16, 17, 18, 19

I

Interação humano-animal 39

L

Lactação 42, 44, 45, 47

Leveduras 6, 66, 67

M

Manejo de áreas integradas 52

Melhoramento genético 27

N

Neonatos 12, 13, 23

Nutrição animal 41

Nutrientes 43, 49, 52, 54, 55, 57, 58, 59

O

Orgânico 1, 5, 9, 40

P

Partos distócicos 25, 26, 36

Pastagem 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 64

Pastejo 35, 39, 41, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 60, 61, 62, 63, 64

Pasto 3, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

Persistência da pastagem 48

Piquete 46, 48

Preservação do solo 53

Produção animal 2, 29, 34, 40, 48, 49, 51, 53, 54, 60, 62, 63, 64, 72

Produção de forragem 42, 47, 48, 52, 59, 60, 64
Produção de leite 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51
Progênies 25, 27
Própolis 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11

R

Reprodução 25, 26, 44
Resinas 3
Ruminantes 40, 43, 48, 66, 72

S

Seleção 8, 25, 26, 27, 28, 32
Sequestro de carbono 53
Sistema agropastoril 52
Sistema de manejo 43
Sistemas integrados 54, 61, 63
Sustentabilidade 50, 51, 52, 54, 56

T

Taxa de lotação 44, 46, 47, 48, 49, 54
Teleóginas 1, 3, 4, 5, 6

U

Umidade 44, 59

W

Welfare quality 30

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ZOOTECNIA:

Sistema de produção animal e forragicultura



🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ZOOTECNIA:

Sistema de produção animal e forragicultura

