REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

INTEGRAÇÃO DE ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS NA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE SUÍNOS EM DIFERENTES INSTALAÇÕES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

INTEGRATION OF BIOCLIMATIC INDICES FOR ASSESSING THE THERMAL COMFORT OF SWINE IN DIFFERENT HOUSING SYSTEMS: A SYSTEMATIC REVIEW

INTEGRACIÓN DE ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS EN LA EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE PORCINOS EN DIFERENTES INSTALACIONES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Rodrigo Henrique Risso Aires Alves
Mestrando em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
E-mail: rodrigo.aires@ufam.edu.br

Wilson Ramos Martins
Mestrando em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
E-mail: wilsonmartinspesca@hotmail.com

Estephanie Guimarães Araújo
Graduada em Licenciatura em Ciências: Biologia e Química, UFAM, Brasil
E-mail: estephaniea603@gmail.com

Carlos Barbosa Pessoa
Mestrando em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
E-mail: carlosbarbosa0731@gmail.com

Ludimila Souza Oliveira
Mestra em Geociências, UFAM, Brasil
E-mail: ludimila.sasaki@gmail.com

Mariana Arinana Canuto Pereira
Doutoranda em Enfermagem, FURG, Brasil
marianacanuto2004@gmail.com

Miquele Araújo dos Santos
Mestranda em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
miquelesantos09@gmail.com

André Guimarães Colares
Mestrando em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
collaresandre16@gmail.com

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

Diana Lima da Silva
Mestranda em Ciências Ambientais, UFAM, Brasil
dianalima.20011991@gmail.com

Resumo

A produção suína contemporânea enfrenta desafios associados ao estresse térmico, uma vez que o melhoramento genético contribui com linhagens apropriadas para a deposição de carne magra, elevando a produção de calor interno dos animais, cuja dissipação de energia é limitada pelo seu sistema de termorregulação precário. Objetivou-se a analisar a integração e complementaridade de índices bioclimáticos aplicados na determinação do conforto térmico dos suínos em diferentes sistemas de produção. A metodologia se baseou em uma revisão sistemática da literatura de artigos científicos publicados entre 2016 a 2026, indexados na base de dados Scopus, utilizando a string de busca *(sow OR sows OR swine) AND ("thermal comfort" OR "heat stress") AND (THI OR BGHI) AND housing*. Inicialmente foram identificados 135 artigos que, após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão embasados no escopo da ambiência e zootecnia de precisão, resultaram em uma amostragem de 24 artigos focados na comparação direta das métricas ambientais. Os resultados obtidos evidenciaram que a determinação do conforto térmico e a tipologia das construções dos galpões são fenômenos indissociáveis. O confronto dos dados demonstrou que o Índice de Temperatura e Umidade (ITU/THI) isolado apresenta pontos cegos diagnósticos por desconsiderar o aporte radiante das coberturas e a velocidade do ar. Em contrapartida, o uso combinado com o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU/BGHI) mitiga essas falhas ao monitorar a via radiante, sendo essencial para orientar o acionamento de sistemas de resfriamento em instalações abertas e refinar os algoritmos de automação em galpões climatizados por pressão negativa. Conclui-se que a abordagem multivariada é indispensável para um diagnóstico microclimático fidedigno, ressaltando-se a necessidade urgente de calibração regional dos limiares matemáticos clássicos para a realidade de baixas latitudes, como o ecossistema equatorial amazônico.

Palavras-chaves: ITU; ITGU; Conforto térmico.

Abstract

Contemporary swine production faces severe challenges associated with heat stress, since genetic improvement contributes to lineages tailored for lean meat deposition, elevating the animals' internal heat production, whose energy dissipation is limited by their precarious thermoregulatory system. The objective was to analyze the integration and complementarity of bioclimatic indices applied in determining the thermal comfort of swine in different production systems. The methodology was based on a systematic literature review of scientific articles published between 2016 and 2026, indexed in the Scopus database, using the search string *(sow OR sows OR swine)*

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

AND ("thermal comfort" OR "heat stress") AND (THI OR BGHI) AND housing. Initially, 135 articles were identified which, after applying inclusion and exclusion criteria grounded in the scope of animal ambience and precision livestock farming, resulted in a sample of 24 articles focused on the direct comparison of environmental metrics. The obtained results evidenced that the determination of thermal comfort and the typology of barn construction are indissociable phenomena. Data confrontation demonstrated that the isolated Temperature-Humidity Index (THI/ITU) presents diagnostic blind spots by disregarding the radiant heat load from roofs and wind speed. Conversely, combined use with the Black Globe Humidity Index (BGHI/ITGU) mitigates these flaws by monitoring the radiant pathway, being essential to guide the activation of cooling systems in open facilities and refine automation algorithms in climate-controlled barns under negative pressure. It is concluded that a multivariate approach is indispensable for a reliable microclimatic diagnosis, highlighting the urgent need for regional calibration of classic mathematical thresholds for the reality of low latitudes, such as the Amazonian equatorial ecosystem.
Keywords: THI; BGHI; Thermal comfort.

Resumen

La producción porcina contemporánea enfrenta desafíos asociados al estrés térmico, dado que el mejoramiento genético contribuye con líneas idóneas para la deposición de carne magra, elevando la producción de calor interno de los animales, cuya disipación de energía está limitada por su precario sistema de termorregulación. El objetivo fue analizar la integración y complementariedad de índices bioclimáticos aplicados en la determinación del confort térmico de los porcinos en diferentes sistemas de producción. La metodología se basó en una revisión sistemática de la literatura de artículos científicos publicados entre 2016 y 2026, indexados en la base de datos Scopus, utilizando la cadena de búsqueda *(sow OR sows OR swine) AND ("thermal comfort" OR "heat stress") AND (THI OR BGHI) AND housing*. Inicialmente se identificaron 135 artículos que, tras la aplicación de criterios de inclusión y exclusión basados en el alcance de la ambiencia y la zootecnia de precisión, resultaron en una muestra de 24 artículos enfocados en la comparación directa de las métricas ambientales. Los resultados obtenidos evidenciaron que la determinación del confort térmico y la tipología de las construcciones de los galpones son fenómenos indisociables. El confrontamiento de los datos demostró que el Índice de Temperatura y Humedad (ITH/THI) aislado presenta puntos ciegos diagnósticos al desconsiderar el aporte radiante de las cubiertas y la velocidad del aire. En contrapartida, el uso combinado con el Índice de Temperatura de Globo y Humedad (ITGH/BGHI) mitiga estas fallas al monitorear la vía radiante, siendo esencial para orientar el accionamiento de sistemas de enfriamiento en instalaciones abiertas y refinar los algoritmos de automatización en galpones climatizados por presión negativa. Se concluye que el enfoque multivariado es indispensable para un diagnóstico microclimático fidedigno, resaltando la necesidad urgente de una calibración regional de los umbrales matemáticos clásicos para la realidad de bajas latitudes, como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

el ecosistema ecuatorial amazónico.

Palabras clave: ITH; ITGH; Confort térmico.

1. Introdução

Seguramente a suinocultura é uma das produções pecuaristas que mais desenvolvem avanços nas áreas de genética e tecnologia. Destacando-se como uma atividade sofisticada quanto ao nível de tecnificação e rentabilidade, o melhoramento genético tem proporcionado animais mais eficientes, com uma taxa metabólica alta, ocasionando em produção de calor endógeno mais proeminente.

A fisiologia térmica suína possui pontuações importantes quanto aos mecanismos de trocas de calor por via cutânea. Isto ocorre em decorrência de glândulas sudoríparas funcionais, acrescenta-se que a camada de tecido adiposo abaixo da cútis apresenta uma camada de tecido adiposo espesso, que se comporta como um isolante térmico, dificultando a homeostase do animal. Nesta perspectiva, a ambiência tem sido estudada como um dos principais componentes que podem resultar no estresse térmico.

As ferramentas mais utilizadas na investigação da qualidade do microclima, são os índices bioclimáticos com a aplicação de equações matemáticas que predizem o status de conforto e em que faixa de estresse térmico os pantéis se encontram submetidos. A literatura científica aplica de modo majoritário o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), os quais correlacionam variáveis metereológicas para estimar a real percepção térmica do animal.

Se torna necessário, pontuar que estes modelos foram desenvolvidos e validados para regiões de climas temperados, no entanto, existe a necessidade da transposição destes achados para aplicação mais assertiva em ambientes tropicais e equatoriais, uma vez que a oscilação térmica é uma condicionante determinante nesta produção.

As equações citadas apresentam variáveis que necessitam um estudo aprofundado, que busque evidenciar como esta integração corresponde

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

fidedignamente ao ambiente. Assim, este estudo objetiva a realização de uma revisão sistemática da literatura de como a integração dos índices bioclimáticos podem determinar o conforto térmico em diferentes instalações, com climas distintos.

Partindo-se do pressuposto de que a complementação destes índices mitigam os pontos cegos, acredita-se que o resultado é uma estimativa mais substancial do estresse térmico real. Portanto, este estudo se respalda em uma convergência analítica indispensável, ao afirmar que as métricas bioclimáticas univariadas são insuficientes para uma acurácia mais precisa.

1.1 Objetivo

A revisão sistemática se propõe a analisar artigos científicos entre 2016 e 2026, indexados na Scielo e Scopus que discutam a integração e complementação dos Índices de Conforto térmico (ITGU e ITGU) para a determinação do estresse térmico suíno.

2. Revisão da Literatura

2.1. Vulnerabilidade homeotérmica e modulações metabólicas de suínos de alto desempenho sob desafio térmico

O melhoramento genético na suinocultura produz linhagens com uma deposição expressiva de tecido muscular. Isto é traduzido como um incremento relevante na produção de calor interno (Bjerg et al., 2020;Cabezón et al., 2017). De acordo com Carvajal et al. (2021) o ambiente impõe desafios severos ao mecanismo termorregulatório deste animal, impedindo uma troca eficiente de calor, seja por condução, ou convecção em ambientes aquecidos.

Nestas condições, a termorregulação por evaporação via respiração é a principal defesa do organismo. Consequentemente ocorre o aumento da frequência respiratória e cardíaca, requerendo um gasto adicional de energia, aumentando o calor endógeno (Adi et al., 2026; Akkhaphan et al., 2025).

Annuta et al. (2025) argumenta que quando esta capacidade limitada é ultrapassada, existem diferentes efeitos negativos na cadeia de produção,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

destacando-se a redução da conversão alimentar como uma tentativa de reduzir o calor ocasionado pela atividade digestiva.

Agana et al. (2025) complementa ao citarem outros problemas que decorrem do estresse, como redução do leite das matrizes, aumento de natimortos, queda do desempenho reprodutivo e depreciação da qualidade físico-quimica da carne, corroborando outros achados de Baert al. (2022)

2.2. Análise Crítica dos Índices Bioclimáticos Tradicionais: Limitações Intrínsecas na Predição do Estresse Térmico

Historicamente, a equação mais difundida na literatura científica para a determinação do estresse térmico, é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) que se fundamenta estritatamente na temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar (Chen et al., 2020; Guevara et al., 2026; Hu et al., 2023).

O ITU é preciso na determinação do risco de saturação da via respiratória evaporativa, porém falha ao desconsiderar a carga térmica radiante e o deslocamento do ar, resultando em diagnósticos parciais quando aplicado em instalações de arquitetura aberta, semi-aberta ou desprovida de isolamento térmico apropriado (De Prequel et al., 2025).

Complementando esta lacuna ambiental, outros modelos foram desenvolvidos como Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e a Carga Térmica de Radiação. Com o uso do termômetro de globo negro, a mensuração do microclima se tornou mais robusta ao incorporar a incidência da radiação solar e o calor emitido das coberturas dos galpões (Dumniem et al., 2025; Ferreira et al., 2026). Essas equações são expressas classicamente pelos modelos de Thom (1958) e Buffington (1981):

$$ITU = 0,8.Tbs + UR(Tbs-14,3)/100 + 46,3 \quad (1)$$

Em que Tbs = temperatura de bulbo seco; UR = umidade relativa.

$$ITGU = 0,72\ (tg + tbu) + 40,6 \quad (2)$$

Em que Tbs= temperatura de bulbo seco; Tbu= temperatura de bulbo úmido; UR = umidade relativa do ar e tg =temperatura de globo negro.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

Porém, a limitação do ITGU se concentra na impossibilidade de predizer a eficiência da perda respiratória do animal quando o ar se torna saturado de vapor d'água. Nesta situação, os valores ibtidos por métricas isoladas passam a ser comparadas com valores de conforto térmico ideal, a exemplo dos limiares definidos por Sales et al. (2006). Contudo, a aplicação de qualquer índice de forma univariada torna tal análise insuficiente para diagnosticar a real complexidade ambiental, demandando uma abordagem integrada para o manejo adequado do plantel (Lin et al., 2023).

2.3 Interdependência de Variáveis Meteorológicas como Paradigma de Precisão na Avaliação do Conforto Térmico

É importante frisar que as limitações dos modelos de equações bioclimáticas necessitam ser complementadas por outros modelos, resultará em uma conclusão mais precisa. Este monitoramento integrado permitirá o conhecimento da severidade real, caso contrário poderá ser relativizado, ou agravado pelas condições mensuradas por outro, se for analisado univarialvemente (Iglesias et al., 2022; Machado et al., 2021; Oliveira et al., 2011).

Quando correlacionados o ITU e ITGU, a decodificação do microclima ambiental resulta em uma compreensão mais adequada. Assim, o ITU direciona o produtor a zonas de alerta em decorrência de umidade elevada e o ITGU se mantém em níveis que indiquem a termoneutralidade quanto a temperatura da instalação incidente no dorso do animal. Este conjunto de dados permite a mitigação do estresse térmico (Pang et al., 2011; Peric et al., 2023).

Ramirez et al. (2018) discutem que em dias de umidade moderada, o ITGU pode indicar uma emergência resultante de incidência da radiação solar, seja no animal, ou instalação, o que também é encontrado nos trabalhos de Schauberger et al,m (2025)

Theusme et al. (2021) defende que a velocidade do vento é uma variável ambiental que atua como fator de correção convector determinante ao estabelecer se o deslocamento do ar sobre a pele do suíno é suficiente para a remoção da camada limite de calor, colaborando na termólise cutânea.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

Assim, o paradigma da interdependência se consolida quando o ITU se concentra no monitoramento da via evaporativa respiratória e o ITGU quantifica o impacto via carga térmica radiante e a velocidade do ar estabiliza a eficiência da via convectiva, estruturando um modelo de avaliação mais robusto.

2.4. Dinâmica dos Índices Integrados em Função das Tipologias Construtivas e do Nível Tecnológico das Instalações

É imprescídivel reforçar que a sensibilidade e aplicabilidade dos índices bioclimáticos variem em decorrência da arquitetura das instalações nos quais os animais estão sendo manejados e do nível tecnológico do sistema de produção (Waberski et al., 2019).

2.4.1. Comportamento das Métricas Integradas em Sistemas Construtivos Abertos sob Ventilação Natural e Mecânica

Nas regiões tropicas as instalações que são abertas possuem caracteríticas determinadas pela dependência entre as condições macroclimáticas externas. Assim, a aplicação conjugada do ITU e ITGU são um parâmetro decisivo na determinação da eficiências dos materiais construtivos para a redução do calor incidente sobre os animais (telhas de cerâmicas versus fibrocimento), além da distribuição de sombreamento natural, ou artificial (Wegner et al., 2014).

As variáveis ambientais como vento e a radiação térmica apresentam flutuações dinâmicas ao longo do dia e esta integração proposta age como um norteamento preciso de acionamento de sistema de resfriamento, como aspersão e ventilação mecânica. Este controle ambiental evita que a água aspergida eleve a saturação do vapor d'água a níveis críticos sem que haja deslocamento de ar correspondente para garantir a evaporação cutânea, reduzindo o estresse por abafamento do lote (Zhao et al., 2019).

2.4.2. Dinâmica de Índices Bioclimáticos em Instalações de Tipologia Fechada sob Climatização Dinâmica por Pressão Negativa

Ao oposto de sistemas abertos, os galpões fechados apresentam sistemas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

de ventilação em túneis, com um microclima interno rigorosamente controlado, assegurando um conforto térmico ideal, conforme as exigências biológicas de cada plantel. Nesta estrutura, os índices bioclimáticos assumem um caráter fundamental para a automação dos sensores corporais e ambientais, um exemplo disso, é a associação do ITU quanto à necessidade da renovação do ar e ao efeito do resfriamento (Zhuang et al., 2025)

A aplicação integrada dos dois modelos matemáticos descritos nesta revisão, garantem uma acurácia operacional onde as estruturas como exaustores e placas evaporativas, atuem em conjunto para a manutenção do balanço térmico ideal (Jepsson et al., 2021). Este manejo automatizado evita tanto o estresse por calor, quanto o sufocamento por acúmulo de gases, como o CO_2 e o NH_3, além de reduzir o estresse por frio, proveniente de correntes de ar incidentes sobre animais mais jovens e vulneráveis.

2.5. Calibração Regional e Limiares de Adaptação Bioclimática: Contrastes entre o Clima Temperado e o Ecossistema Equatorial Amazônico

A literatura contemporânea sugere que os limiares definidos para o desconforto térmico suíno foram desenvolvidos em regiões de clima temperado. Quando estes valores são aplicados em regiões de baixa latitude, como a região amazônica, tais modelo matemáticos se constituem como um dos principais gargalos biolófgicos da ambiência zootécnica (Sarang et al., 2024).

No trópico úmido, os plantéis sofrem com a severidade contínua de temperaturas elevadas associadas à umidade relativa do ar, consistentemente acima de 70%, eliminando a amplitude térmica estacional observada no clima temperado (Collier et al., 2017). Alguns estudos conduzidos nestas condições implicam que os suínos desenvolveram mecanismos adaptativos de aclimatação, resistindo a valores nominais de ITU considerados letais, ou de extrema emergência em regiões de temperaturas mais amenas (Oke et al., 2021).

Somado ao desafio climático, as elevadas taxas higrométricas externas geralmente limitam ou invalidam a eficiência dos sistemas de resfriamento baseados em painéis evaporativos, uma vez que o ar circundante se encontra saturado de vapor d'água. Consequentemente, o Turnover de gases e a qualidade

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

do ar dependem criticamente do binômio ventilação contínua e aspersão programada (Bjerg et al., 2025).

Logo, subtende-se que a integração destes índices bioclimáticos na região amazônica exige uma recalibração dos modelos matemáticos existentes e específicos para cada fase de produção. Deve-se incorporar a velocidade do ar como um componente relevante, reajustando os limiares matemáticos à realidade do ambiente construído e da resposta fisiológica local do animal.

3. Considerações Finais

Com base na revisão sistemática realizada entre os anos de 2016 a 2026, infere-se que para a determinação do conforto térmico na suinocultura atual, é um fenômeno inseparável da engenharia de ambiência, sendo mandatória a transição de diagnósticos univariados para uma abordagem bioclimática integrada e multivariada. O confronto entre os dados da literatura aponta que a complementariedade entre os índices bioclimáticos (ITU e ITGU) são indispensáveis para a mitigação dos pontos cegos de diagnósticos, sejam em sistemas ao ar livre, quanto em confinamento sob pressão negativa. Infere-se, portanto, que, a transposição acrítica de limiares desenvolvidos para climas temperados constitui o principal gargalo metodológico para a produção em baixas latitudes, como a região amazônica, sendo necessários maiores estudos que determinem uma calibração nas equações matemáticas, integrando a velocidade do vento como fator de correção convectivo, ajustando integralmente em cada fase de produção as faixas de limites à plasticidade fisiológica adaptativa do plantel local

Referências

ADI, Y. K.; KIRKWOOD, R. N.; TUMMARUK, P. Newborn traits influencing piglet mortality within the first day and between days 1 and 7 after birth in highly prolific sows in tropical environments. **Theriogenology**, v. 246, p. 117551, 2025. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.117551. Acesso em: 14 mai. 2026;

AKKHAPHAN, T.; BOONPRAKOB, R.; GRAHOFER, A.; TUMMARUK, P. Seasonal effect on farrowing duration in sows within a temporarily confined farrowing system

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

under tropical climates. **Theriogenology**, v. 238, p. 117364, 2025. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.117364. Acesso em: 15 mai. 2026;

ANUTA, A.; WANG, X.; KINAY, P. The impacts of climate change on livestock: An interdisciplinary, scoping review of health, production, and adaptation strategies. **Climate Smart Agriculture**, v. 2, n. 4, p. 100082, 2025. https://doi.org/10.1016/j.csag.2025.100082. Acesso em: 19 mai. 2026;

ARGANA, A.; TARAFDAR, A.; VAISHNAV, S.; GAUR, G. K.; SINGH, M.; RAHMAN, C. F.; SINGH, G.; TIWARI, R.; DUTT, T.; CHAUHAN, A. Unravelling bio-climatic thermal stress driven behavioral pattern shifts in crossbred pigs. **Journal of Thermal Biology**, v. 134, p. 104332, 2025. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2025.104332. Acesso em: 16 mai. 2026;

BAERT, S.; AUBÉ, L.; HALEY, D. B.; BERGERON, R.; DEVILLERS, N. Sows housed outdoors have distinctive approaches to thermoregulation in gestation and lactation. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 248, p. 105575, 2022. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105575. Acesso em: 17 mai. 2026;

BAERT, S.; AUBÉ, L.; HALEY, D. B.; BERGERON, R.; DEVILLERS, N. The protective role of wallowing against heat stress in gestating and lactating sows housed outdoors. **Physiology & Behavior**, v. 254, p. 113898, 2022. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113898. Acesso em: 18 mai. 2026;

BJERG, B.; BRANDT, P.; PEDERSEN, P.; ZHANG, G. Sows' responses to increased heat load – A review. **Journal of Thermal Biology**, v. 94, p. 102758, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102758. Acesso em: 19 mai. 2026;

BJERG, B.; RONG, L.; ZHANG, G. Computational prediction of the effective temperature in the lying area of pig pens. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 149, p. 71-79, 2018. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.016. Acesso em: 20 mai. 2026;

CABEZÓN, F. A.; STEWART, K. R.; SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T. Effects of betaine and heat stress on lactation and postweaning reproductive performance of sows. **The Professional Animal Scientist**, v. 33, n. 2, p. 241-253, 2017. https://doi.org/10.15232/pas.2016-01571. Acesso em: 20 mai. 2026;

COLLIER, R. J.; XIAO, Y.; BAUMAN, D. E. Chapter 1 - Regulation of Factors

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

Affecting Milk Yield. In: WATSON, R. R.; COLLIER, R. J.; PREEDY, V. R. (ed.). **Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease**. Academic Press, 2017. p. 3-17. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809762-5.00001-2. Acesso em: 14 mai. 2026;

CARVAJAL, M. A.; ALANIZ, A. J.; GUTIÉRREZ-GÓMEZ, C.; VERGARA, P. M.; SEJIAN, V.; BOZINOVIC, F. Increasing importance of heat stress for cattle farming under future global climate scenarios. **Science of The Total Environment**, v. 801, p. 149661, 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149661. Acesso em: 14 mai. 2026;

CHEN, G.; ZHANG, G.; BJERG, B.; PEDERSEN, P.; JENSEN, T.; RONG, L. CFD investigation on a novel pen partition-attached jet air supply for mitigating heat stress among lactating sows. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 220, p. 108840, 2024. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108840. Acesso em: 15 mai. 2026;

GUEVARA, R. D.; LÓPEZ-VERGÉ, S.; PASTOR, J. J.; MANTECA, X.; TEDO, G.; LLONCH, P. Behavioral measurements as sensitive non-invasive indicators to assess the thermoregulatory response in weaned piglets. **Livestock Science**, v. 308, p. 105953, 2026. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2026.105953. Acesso em: 19 mai. 2026;

HU, Z.; YANG, Q.; TAO, Y.; SHI, L.; TU, J.; WANG, Y. A review of ventilation and cooling systems for large-scale pig farms. **Sustainable Cities and Society**, v. 89, p. 104372, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104372. Acesso em: 14 mai. 2026;

DE PREKEL, L.; MAES, D.; VAN DEN BROEKE, A.; GOETHALS, S.; MILLET, S.; AMPE, B.; ALUWÉ, M. Effect of terminal sire line on heat stress responses in growing-fattening pigs selected for optimal growth rate vs optimal carcass quality. **Animal**, v. 19, n. 11, p. 101641, 2025. https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101641. Acesso em: 16 mai. 2026;

DUMNIEM, N.; SUWIMONTEERABUTR, J.; TUMMARUK, P. Colostrum and milk production in sows housed in free-farrowing versus crated systems under tropical conditions: Associations with sow metabolic state, oxidative stress, and piglet

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

survival. **Theriogenology**, v. 247, p. 117572, 2025. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.117572. Acesso em: 17 mai. 2026;

FERREIRA, N. C. R.; ROSA, D. R.; FERREIRA, L. N.; RODRIGUES, D. C.; BARBARI, M.; CHOU, S. C.; ANDRADE, R. R. Regional impacts of heat stress on livestock in Brazil under climate change scenarios. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 119, p. 108392, 2026. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2026.108392. Acesso em: 18 mai. 2026;

LIN, K. H.; WU, R. S.; LIN, E. C. Does the climate influence the variance of residual in litter traits of Taiwan Landrace sows? **Canadian Journal of Animal Science**, v. 103, n. 4, p. 355-364, 2023. https://doi.org/10.1139/cjas-2022-0113. Acesso em: 14 mai. 2026;

IGLESIAS, P. M.; CAMERLINK, I. Tail posture and motion in relation to natural behaviour in juvenile and adult pigs. **Animal**, v. 16, n. 4, p. 100489, 2022. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100489. Acesso em: 20 mai. 2026;

JEPPSSON, K. H.; OLSSON, A. C.; NASIRAHMADI, A. Cooling growing/finishing pigs with showers in the slatted area: Effect on animal occupation area, pen fouling and ammonia emission. **Livestock Science**, v. 243, p. 104377, 2021. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104377. Acesso em: 15 mai. 2026;

MACHADO, N. A. F.; MARTIN, J. E.; BARBOSA-FILHO, J. A. D.; DIAS, C. T. S.; PINHEIRO, D. G.; OLIVEIRA, K. P. L.; SOUZA-JUNIOR, J. B. F. Identification of trailer heat zones and associated heat stress in weaner pigs transported by road in tropical climates. **Journal of Thermal Biology**, v. 97, p. 102882, 2021. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102882. Acesso em: 16 mai. 2026;

OKE, O. E.; UYANGA, V. A.; IYASERE, O. S.; OKE, F. O.; MAJEKODUNMI, B. C.; LOGUNLEKO, M. O.; ABIONA, J. A.; NWOSU, E. U.; ABIOJA, M. O.; DARAMOLA, J. O.; ONAGBESAN, O. M. Environmental stress and livestock productivity in hot-humid tropics: Alleviation and future perspectives. **Journal of Thermal Biology**, v. 100, p. 103077, 2021. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103077. Acesso em: 17 mai. 2026;

OLIVEIRA JÚNIOR, G. M.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M.; SILVA, B. A. N.; FIGUEIREDO, E. M.; SANTOS, M. Behaviour and performance of lactating sows

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

housed in different types of farrowing rooms during summer. **Livestock Science**, v. 141, n. 2–3, p. 194-201, 2011. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.001. Acesso em: 18 mai. 2026;

PANG, Z.; LI, B.; XIN, H.; XI, L.; CAO, W.; WANG, C.; LI, W. Field evaluation of a water-cooled cover for cooling sows in hot and humid climates. **Biosystems Engineering**, v. 110, n. 4, p. 413-420, 2011. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.09.004. Acesso em: 19 mai. 2026;

PERIC, T.; MAZZONI, C.; QUAI, F.; COTTICELLI, A.; PIVIDORI, I.; CORAZZIN, M.; COMIN, A.; BRESCIANI, C.; PRANDI, A. Sow's pre- and post-delivery in different confinement systems evaluated by hair hormones concentrations. **Livestock Science**, v. 272, p. 105235, 2023. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105235. Acesso em: 20 mai. 2026;

RAMIREZ, B. C.; HOFF, S. J.; HARMON, J. D. Thermal environment sensor array: Part 2 applying the data to assess grow-finish pig housing. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 341-351, 2018. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.08.003. Acesso em: 14 mai. 2026;

SARANG, S. K.; SREEKUMAR, D.; SEJIAN, V. Indigenous cattle biodiversity in India: Adaptation and conservation. **Reproduction and Breeding**, v. 4, n. 4, p. 254-266, 2024. https://doi.org/10.1016/j.repbre.2024.09.001. Acesso em: 15 mai. 2026;

SCHAUBERGER, G.; HENNIG-PAUKA, I.; ZOLLITSCH, W.; HÖRTENHUBER, S. J.; BAUMGARTNER, J.; NIEBUHR, K.; PIRINGER, M.; KNAUDER, W.; ANDERS, I.; ANDRE, K.; SCHÖNHART, M. Efficacy of adaptation measures to alleviate heat stress in confined livestock buildings in temperate climate zones. **Biosystems Engineering**, v. 200, p. 157-175, 2020. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.09.010. Acesso em: 16 mai. 2026;

SCHULTHESS, L.; EGLI, P. T.; ADAM, J.; GRAHOFER, A. Influence of blood glucose level on sow traits, farrowing characteristics and piglet parameters in free farrowing sows. **Animal**, v. 19, n. 10, p. 101643, 2025. https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101643. Acesso em: 17 mai. 2026;

THEUSME, C.; AVENDAÑO-REYES, L.; MACÍAS-CRUZ, U.; CORREA-CALDERÓN, A.; GARCÍA-CUETO, R. O.; MELLADO, M.; VARGAS-VILLAMIL, L.;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 22/04/2026 - **Accepted:** 02/06/2026
Vol: 13.12
DOI: 10.66104/nk7ss794
Pages: 1-15

VICENTE-PÉREZ, A. Climate change vulnerability of confined livestock systems predicted using bioclimatic indexes in an arid region of México. **Science of The Total Environment**, v. 751, p. 141779, 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141779. Acesso em: 18 mai. 2026;

WABERSKI, D.; RIESENBECK, A.; SCHULZE, M.; WEITZE, K. F.; JOHNSON, L. Application of preserved boar semen for artificial insemination: Past, present and future challenges. **Theriogenology**, v. 137, p. 2-7, 2019. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.05.030. Acesso em: 19 mai. 2026;

WEGNER, K.; LAMBERTZ, C.; DAŞ, G.; REINER, G.; GAULY, M. Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. **Animal**, v. 8, n. 9, p. 1526-1533, 2014. https://doi.org/10.1017/S1751731114001219. Acesso em: 20 mai. 2026;

ZHAO, L.; LI, Y.; LI, Z. M.; WU, S.; HUANG, K.; CHEN, J.; LI, C. Effect of the valine-to-lysine ratio on the performance of sows and piglets in a hot, humid environment. **Journal of Thermal Biology**, v. 81, p. 89-97, 2019. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.021. Acesso em: 14 mai. 2026;

ZHUANG, Y.; CAO, M.; JI, H.; LIU, Y.; LI, S.; ZHANG, J.; WANG, C.; TENG, G. A machine learning system to evaluate physiological parameters and heat stress for sows in gestation crates. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 238, p. 110828, 2025. https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110828. Acesso em: 15 mai. 2026.