

Influência dos fatores climáticos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos: revisão bibliográfica

Influence of climate factors on performance, carcass quality and pork meat: bibliographic review

Influencia de los factores climáticos en el rendimiento, la calidad de la canales y la carne de cerdo: revisión bibliográfica

Recebido: 30/01/2022 | Revisado: 03/02/2022 | Aceito: 09/02/2022 | Publicado: 14/02/2022

Raiane Gomes Rodrigues Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8822-791X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: raianegraraujo@hotmail.com

Tiago Pereira Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3473-8148>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: tiago.guimaraes@ifgoiano.edu.br

Márcia Rosa Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0791-0117>

CEPMG-Pastor José A. Ribeiro, Brasil

E-mail: marciarosagomes@hotmail.com

Resumo

Diante do crescimento da suinocultura e considerando que para garantir a efetividade da intensificação da produtividade é fundamental identificar possibilidades para tornar o ambiente no qual os animais vivem agradável e proveitoso. Objetivou-se investigar a influência do ambiente térmico no desempenho de suínos em diferentes etapas da cadeia produtiva, qualidade de carne e carcaça. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, com foco na termogênese, mecanismos de termorregulação, ambiência, avaliação do estresse e efeitos do estresse térmico. Os resultados do estudo confirmaram que o estresse térmico exerce efeitos negativos sobre o desempenho produtivo dos suínos, desencadeando perdas significativas desde a produção até o produto final, impactando no desempenho dos animais e na qualidade da carne e de carcaça. Nesse sentido, o estudo reforça a necessidade de se conhecer os inúmeros fatores que podem exercer efeitos diretos e/ou indiretos sobre os animais, ao longo da cadeia produtiva, acarretando redução da produtividade e consequentes prejuízos econômicos. Ademais, fortalece a importância da adoção de estratégias de manejo que possam amenizar os efeitos do estresse térmico na produção animal, considerando que o bem-estar e o conforto térmico são primordiais para a manutenção de altos níveis de produtividade.

Palavras-chave: Estresse térmico; Desempenho; Produtividade; Suinocultura.

Abstract

Given the growth of swine farming and considering that to ensure the effectiveness of the intensification of productivity it is essential to identify possibilities to make the environment in which the animals live pleasant and beneficial. The objective was to investigate the influence of the thermal environment on the performance of swine in different stages of the production chain, meat and carcass quality. For that, a literature review was carried out, focusing on thermogenesis, thermoregulation mechanisms, ambience, stress assessment and the effects of thermal stress. The results of the study confirmed that thermal stress has negative effects on the productive performance of swine, triggering significant losses from production to the final product, impacting animal performance and meat and carcass quality. In this sense, the study reinforces the need to know the numerous factors that can exert direct and/or indirect effects on animals, along the production chain, resulting in reduced productivity and consequent economic losses. Furthermore, it strengthens the importance of adopting management strategies that can mitigate the effects of thermal stress on animal production, considering that well-being and thermal comfort are essential for maintaining high levels of productivity.

Keywords: Thermal stress; Performance; Productivity; Swine farming.

Resumen

Dado el crecimiento de la ganadería porcina y considerando que para asegurar la eficacia de la intensificación de la productividad, es fundamental identificar posibilidades para hacer agradable y rentable el ambiente en el que viven los animales. El objetivo fue investigar la influencia del ambiente térmico en el desempeño de cerdos en diferentes etapas de la cadena productiva, calidad de carne y canal. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica, enfocándose en

termogénesis, mecanismos de termorregulación, ambiente, evaluación del estrés y efectos del estrés por calor. Los resultados del estudio confirmaron que el estrés por calor tiene efectos negativos en el desempeño productivo de los cerdos, provocando pérdidas significativas desde la producción hasta el producto final, impactando el desempeño animal y la calidad de la carne y la canal. En este sentido, el estudio refuerza la necesidad de conocer los numerosos factores que pueden ejercer efectos directos y/o indirectos sobre los animales a lo largo de la cadena productiva, resultando en reducción de la productividad y consecuentes pérdidas económicas. Además, refuerza la importancia de adoptar estrategias de manejo que puedan mitigar los efectos del estrés por calor en la producción animal, considerando que el bienestar y el confort térmico son esenciales para mantener altos niveles de productividad.

Palabras clave: Estrés por calor; Rendimiento; Productividad; Cerdos.

1. Introdução

A suinocultura brasileira vem crescendo e aumentando sua produtividade nos últimos anos (ABCS, 2020), assim o mercado vem buscando animais com potencial genético para uma boa deposição de carne magra, obtida por componentes genéticos e ambientais. Com a finalidade de verificar se o ambiente térmico influencia no desempenho dos suínos em diferentes etapas de suas vidas e visando possibilidades para tornar o ambiente no qual esses animais passam a maior parte da vida agradável e proveitoso, várias pesquisas (Manno et al. (2005), Manno et al. (2006), Kiefer et al. (2009), Kiefer et al. (2010) e Justino et al.(2015) foram realizadas que servem de suporte para o levantamento de dados.

Em conformidade com estes estudos, os suínos são homeotérmicos, muito sensíveis a alterações na temperatura ambiente e apresentam melhor desempenho quando mantidos em ambiente térmico confortável. Já quando expostos a ambientes com temperaturas elevadas apresentam efeitos fisiológicos, como aumento da temperatura corporal, com perda de eficiência e acionamento de mecanismos de termorregulação, além do aumento da frequência respiratória e cardíaca, o que poderia levar o animal ao óbito (Kerr et al., 2003; Souza et al., 2020).

Desse modo, quando os animais são alojados em temperaturas críticas, necessitam resfriar ou aquecer o corpo, conforme a demanda. Com o intuito de minimizar os impactos estressantes, promover o bem-estar animal (BEA) e, por conseguinte, aumentar o desempenho da produção de suínos, faz necessário monitorar o microclima dentro da instalação. É importante ressaltar que altas temperaturas estão associadas à piora no desempenho, porque os animais reduzem o consumo de alimentos.

Os suinocultores têm investido no fortalecimento de expressões de potenciais genéticos em animais selecionados para deposição de carne magra, através de avanços nos conhecimentos de fisiologia, nutrição e sanidade dos animais. Bem como, para alcançar eficiência na produção deve-se atender demandas de manejo, sanidade, genética e nutrição.

Nesse trabalho revisamos os estudos referentes ao estresse térmico, no intuito de verificar o impacto das mudanças de temperatura sobre o desempenho dos animais, a qualidade de carcaça e carne dos suínos.

2. Metodologia

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, do tipo narrativa, que se caracteriza por fazer uma abordagem ampla que permite a descrição e caracterização dos artigos científicos, sem impor um protocolo rígido na execução. O objeto de estudo é composto por artigos científicos publicados no período de 1982 a 2021, que discorrem acerca da influência dos fatores climáticos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne, tipos de instalações e estresse térmico dos suínos.

As bases de dados consultadas foram Google Academic, Periódicos Capes, Scielo e Elsevier, com as palavras-chaves: “bioclimatologia na suinocultura”, “conforto térmico para suínos”, “termogênese e termorregulação para animais homeotérmicos”, “suínos com estresse térmico”, “impacto dos fatores climáticos sobre o desempenho dos suínos”.

Foram utilizadas publicações em língua inglesa e portuguesa, que apresentaram abordagem relevante sobre a temática e foram descartados trabalhos sem embasamentos científicos ou inconclusivos.

3. Resultados e Discussão

Termogênese e mecanismos de termorregulação

Termogênese é o mecanismo orgânico que capacita o corpo do animal a regular a temperatura interna de acordo com as oscilações e gasto de energia que tem como propósito produzir e eliminar calor, visando promover a homeostase (Vieira, 2019). A homeostase é compreendida pelas mudanças climáticas moderadas compensatórias, que estão direcionadas à manutenção ou restauração do equilíbrio térmico (Pandorfi, 2005).

O aumento no gasto energético é provocado pelo processo de termogênese, no entanto a produção de calor está relacionada com a necessidade dos animais em relação a energia (Cassola, 2012). Dessa forma, o calor que o animal produz varia principalmente com o seu tamanho, pois quanto maior a massa, maior a energia usada para manutenção da homeotermia, sendo assim quanto mais tecido adiposo, maior a contribuição para a conservação de temperatura (Dukes, 2006).

É importante ressaltar que a energia é fundamental para os animais, pois está envolvida em todos os processos produtivos, sendo obtida por meio da interação de todos os nutrientes dos alimentos (Faria & Santos, 2005), estando relacionada a geração de calor metabólico, deste modo quanto mais energia o animal demandar maior será a quantidade de calor produzido. Neste contexto, termogênese metabólica é o somatório de todo calor produzido decorrente do metabolismo basal, ou seja, atividades como circulação e respiração (Bianco, 2000). Enquanto a termogênese facultativa representa o calor que resulta de outros processos, que não o metabólico, como tremor muscular decorrente de temperaturas baixas e contrações musculares ocasionadas em atividades diárias (Rothwell et al., 1982, Laitano et al., 2010).

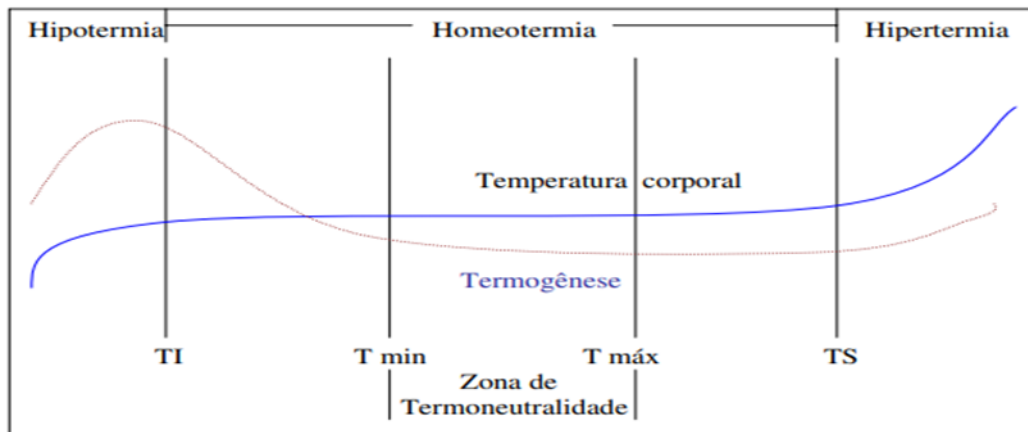
Os suínos são animais homeotérmicos bastante sensíveis ao calor na fase adulta, devido às altas taxas metabólicas e, conseqüentemente, produzem muito calor endógeno. Em vista disso, Quiniou et al. (2000) constataram que por terem maior peso nessa fase, sofrem maior impacto pelas temperaturas altas, o que conota uma interrelação entre a temperatura, o consumo de ração e o peso vivo. Assim, os mecanismos de termorregulação representam custos energéticos direcionados à eliminação do calor do corpo, reduzindo o bem-estar, bem como o desempenho produtivo, além de alterar a qualidade de carcaça (Manno et al., 2005; Kiefer et al., 2009).

A perda de calor do organismo para o ambiente ocorre sob duas formas: calor sensível e calor latente (Berton, 2013). Como os suínos não possuem glândulas sudoríparas funcionais, a principal forma de liberação de calor é por via latente, através da respiração, tendo perda de água por evaporação nas vias aéreas e em contato com a pele, proveniente do local onde se deitam (Fialho et al., 2001; Ricci, 2013). Quando a temperatura e a umidade estão altas há uma limitação nos mecanismos termorreguladores evaporativos. Em ocasiões que o organismo apresenta dificuldade para dispersar o calor excessivo utilizando processos sensíveis e latentes, ocorre a elevação da temperatura retal, que evidencia o estresse no animal e tem por consequência a baixa produtividade (Nóbrega et al., 2011).

Entende-se por zona termoneutra, a faixa de temperatura se dá desperdício mínimo, sendo restringida pela temperatura crítica inferior, que compreende a região em que o organismo demanda intensificar a produção de calor para a manutenção da homeotermia, e pela temperatura crítica superior, em que o organismo necessita eliminar calor (Sousa, 2002). Os suínos manifestam diferentes temperaturas dentro da sua zona de termoneutralidade (ZTN) ao longo do seu desenvolvimento, por isso é necessária atenção especial com o manejo alimentar e prevenção do estresse ocasionado pelo calor, para garantir um bom desempenho e qualidade da carne.

De acordo com a Figura 1, os animais homeotérmicos possuem uma ZNT, que fica entre temperatura mínima e temperatura máxima, sendo essa uma faixa de temperatura ambiente, com metabolismo mínimo, na qual o animal não precisa produzir ou perder TC. Esta é a zona de temperatura em que os animais estão em conforto térmico, além de poder expressar o máximo potencial genético (Sousa, 2002).

Figura 1. Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em relação à temperatura ambiente. Fonte: Adaptado de Matarazzo, 2004.



Fonte: Autores.

Influência da qualidade do ambiente no desenvolvimento dos suínos.

Quando se fala de ambiência na suinocultura deve se considerar o sistema de criação dos animais, as ferramentas utilizadas para que tenham conforto térmico, a densidade submetida e o tipo de instalação da granja e do frigorífico. Em uma instalação, comumente, o ambiente térmico leva em consideração fatores como, temperatura, consequências da radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Em relação aos elementos climáticos, altas temperaturas em associação com umidade elevada causa queda no desempenho dos suínos, e interfere no bem-estar (Santos et al., 2018).

Em conformidade com Manno et al. (2006), na suinocultura a temperatura ambiental e o microclima das instalações influenciam na temperatura corporal e superficial dos animais, pois é possível observar que animais submetidos a altas temperaturas utilizam mecanismos metabólicos para a manutenção da homeotermia.

De acordo com Bridi (2006), a temperatura que mantém o conforto térmico dos suínos vem situada na tabela 1, adaptada de Silva (2000), relaciona as temperaturas máximas e mínimas ideais, em diferentes fases de criação dos suínos. Tais condições devem sempre ser levadas em consideração visando proporcionar o máximo possível de bem-estar aos animais, em conjunto com a alta produtividade do plantel (Rodrigues et al., 2010).

O conforto térmico depende de diversos fatores, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação, genética, temperatura, velocidade do vento, tipo de piso, umidade relativa, e energia radiante (Saraiva et al., 2003).

Tabela 1: Temperatura máxima e mínima ideal.

Categoria	Temperatura Ideal (°C)	
	Máxima	Mínima
Matrizes	18	12
Leitões	32	30
1 semana	28	27
2 semanas	26	25
3 semanas	24	22
4 semanas	22	21
Nascimentos		
5 a 8 semanas	22	20
20 a 30 kg	20	28
30 a 60 kg	18	16
60 a 100 kg	18	12

Fonte: Adaptada Silva (2000).

As temperaturas críticas inferior e superior são consideradas os limites máximo e mínimo para a zona de termoneutralidade (Tabela 2) e em casos de oscilação, os animais sofrem estresse, acarretando em redução na produtividade.

Tabela 2: Temperaturas críticas para suínos na fase de crescimento e terminação.

Categoria	Temperatura Ideal (°C)	
	Máxima	Mínima
20 a 30 kg	27	8
30 a 60 kg	27	5
60 a 100 kg	27	4

Fonte: Adaptada Berton (2013).

A variação média de temperatura em diferentes ambientes necessita ser mapeada para que tenha uma estratégia de manejo para lidar com o efeito das temperaturas (alta e baixa), como forma de melhorar o desempenho de suínos em todas as fases em questão, pensando também na qualidade do produto final (Eigenberg et al., 2009).

A umidade relativa (UR) do ar é uma variável de suma importância, que tem total influência sobre a qualidade do ambiente para os animais de produção, onde a faixa fica entre 40 a 70%. A UR e velocidade do ar apresentam efeitos diretos sobre o bem estar e, conseqüentemente, sobre a produção do animal (Bortolozzo et al., 2011). Deste modo, ambientes com taxas elevadas de umidade e temperatura, estabelece entre os suínos perdas evaporativas por respiração, visto que apresentam dificuldade para dissipar o calor.

Visando manter o bem-estar dos animais e a máxima produtividade do plantel, é imprescindível considerar todos os parâmetros de ambiência citados acima, em todas as fases de criação dos suínos.

Avaliação do estresse em relação aos parâmetros fisiológicos

O estresse dos animais pode ser avaliado a partir de sinais clínicos, como frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura retal. Nessa perspectiva, o calor representa um estímulo que desencadeará distintas respostas fisiológicas, como

aumento das frequências cardíaca e respiratória, dilatação de vasos sanguíneos e consequente diminuição do metabolismo e da ingestão de alimentos (Rodrigues et al., 2010). Nesse sentido, quando fatores estressantes ocorrem há um mecanismo que atua sobre a homeostase do animal (Sousa et al., 2015), ativando o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) que gera uma mudança que pode alterar as funções de crescimento e reprodução (Joels & Baram, 2009).

A elevação da frequência cardíaca (FC) é um dos indicadores do estresse. Conforme Costa et al. (2006) vários são os fatores de manejo que contribuem para essa elevação nos suínos, como o tipo de granja, transporte, embarque e desembarque. Nessa perspectiva, segundo Baptista et al. (2011), cada situação emocional demanda um ajuste na FC. Nessa direção, um estudo desenvolvido por Agostini et al. (2011), objetivando avaliar a inserção de diferentes dosagens de ractopamina na ração de suínos, em fase de terminação, constatou a elevação da FC dos animais como consequência do aumento nas taxas de adrenalina e noradrenalina séricos. O aumento da FC pode ocasionar alterações na frequência respiratória, que por conseguinte modifica as pressões parciais de oxigênio e gás carbônico, o pH (potencial hidrogeniônico) e as taxas de sódio e potássio no sangue, submetendo os animais a mudanças comportamentais devido ao estresse.

Yan e Yamamoto (2000) ressaltam a importância da manutenção da FC normal em suínos, que quando adultos, oscila entre 15 e 25 movimentos por minuto. Diante destes pressupostos, estudo conduzido por Manno et al. (2006) identificou elevação nas frequências cardíacas e respiratórias em animais submetidos a estresse térmico e concluiu que a respiração é um processo fisiológico muito eficiente para a termorregulação corporal.

A elevação da frequência respiratória (FR) é a primeira evidência de que os animais foram sujeitos a situações de estresse térmico e está associada ao tempo de duração e ao vigor do estresse. Nesse contexto, o aumento da FR em suínos é de suma importância para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo, que se dá por evaporação (Rodrigues et al., 2010).

Outro indício de instabilidade na homeotermia corporal é o aumento da temperatura retal (TR), onde há elevação da TC quando a temperatura ambiente ultrapassa os níveis ideais para o conforto térmico, incapacitando o reequilíbrio fisiológico (Rodrigues et al., 2010). Nesse contexto, a aferição da TR é um bom indicador da capacidade de ajuste fisiológico do animal ao ambiente quente. Tal constatação está alicerçada no fato de que a elevação da TR é evidenciada na incapacidade do animal de manter a homeotermia. (Kiefer, 2010).

Segundo Rodrigues et al. (2010), outro indicador de estresse além das alterações fisiológicas (TC, aumento da FR e FC assim como a redução no consumo) é a diminuição do peso dos órgãos, que ocorre em decorrência da elevação da temperatura.

Efeitos do estresse térmico no comportamento dos suínos

São características natas dos suínos os traços exploratórios, marcados pela intensa curiosidade e capacidade de aprendizagem, por isso frequentemente observam, cheiram, lambem e mastigam objetos (Carvalho et al., 2021). Nesse cenário, quando os animais não conseguem expressar seu comportamento natural, verifica-se aumento da incidência de comportamentos inesperados ou estereotipados, ocasionando frequentes episódios de estresse (Silvestre et al., 2020).

Os suínos são dotados de grande sensibilidade a interferências térmicas ambientais, apresentando vulnerabilidade ao frio na fase de recria e ao calor na fase de terminação. Esta sensibilidade ao calor se deve a densa camada de tecido adiposo, ao alto metabolismo e a ineficácia de termorregulação (Bridi, 2006). No estudo de Quiniou et al. (2000) concluiu que animais com maior peso corporal são mais vulneráveis a altas temperaturas ambientais. Animais quando submetidos as altas temperaturas alteram seu comportamento na tentativa de amenizar o calor, ingerindo mais água, procurando locais frescos (maior umidade) para aumentar o contato do corpo com superfícies de temperatura mais amena, deitando-se de lado com o focinho direcionado ao vento e deitando sobre os próprios dejetos (Oliveira et al., 2017).

A alteração da FR é uma das consequências do estresse térmico, que se observa através da ofegação, que visa o

aumento da quantidade de ar inalado e contribua para o processo de esfriamento por evaporação (Borges, 2016). Outro efeito importante a ser considerado, em relação ao estresse térmico é a boca seca, devido a impossibilidade do animal de produzir saliva em quantidade suficiente para auxiliar na evaporação, uma vez que o estresse térmico desencadeia um quadro de desidratação (Huynh, et al., 2005).

Nessa perspectiva, o estresse afeta o desempenho dos animais, que segundo Moreira, et al. (2003) pode sofrer interferências conforme a estrutura das instalações (lâmina d'água ou piso compacto). Tal constatação se dá pela observação que, na fase de crescimento, o consumo diário de ração e ganho de peso é mais benéfico para animais que ficam em baias lâmina d'água, enquanto na fase de terminação ambos tem resultados semelhantes tanto no desempenho quanto na classificação de carcaça. Em situações de estresse térmico os animais diminuem o apetite, que por conseguinte diminui o crescimento, o que decorre da necessidade de minimizar a produção de calor (Borges et al, 2016).

Quando se trata da qualidade da carne destaca-se a alteração do pH, que altera a qualidade da carne. Considerando que a conversão do músculo em carne tem início após o abate, situações de estresse podem desencadear elevação no pH pos mortem, que via de regra ocorre após 24 horas, conforme Kannan et al., (2002), assim o pH muscular maior que seis indica carne DFD (firme, escura e seca), que devido ao pH elevado, condiciona as proteínas musculares a alta capacidade de retenção de água nas células, tornando a carne escura e indesejável (Viljoen et al., 2002; Mounier et al., 2006; Maganhini, 2007). Diante disso, verifica-se que a carne DFD constitui um problema que ocorre porque a exaustão do animal, causada pelo estresse, minimiza a taxa de glicogênio e impossibilita a conversão de glicogênio em ácido lático ou pirúvico (Bressan e Beraquet, 2002).

A cor da carne é outro fator relevante, que segundo Lindahl (2001) é determinada pela absorção e reflexão da luz. Esta absorção está relacionada à concentração de mioglobina e sofre influência do estresse animal, que também pode interferir no odor da carne. Já o aumento da temperatura aliada ao acúmulo de ácido lático, acarreta a desnaturação de proteínas durante a conversão do músculo em carne, resultando em carne PSE (pálida, mole e exudativa), que é caracterizada pela propriedade de se desidratar durante o cozimento, ficando dura e seca (Pelicano & Prata, (2007).

Em suma, diversos fatores são essenciais para determinar a qualidade de carne e carcaça, desde o manejo na granja até o manejo pré-abate (jejum, carregamento dos animais, tempo de transporte, descanso no frigorífico). Diante disso, se faz relevante o conhecimento de toda a cadeia produtiva a fim de garantir a segurança alimentar e nutricional da população.

Influência dos fatores climáticos sobre o desempenho

Em relação ao desempenho, o estudo de Manno et al. (2006) infere que na fase de crescimento, interferindo em desempenho), temperaturas elevadas apresentam interferência negativa no desempenho dos suínos, em relação ao ganho de peso. Kiefer et al. (2009) concluíram que o ambiente térmico exerceu influência sobre o comportamento dos animais, ou seja, animais mantidos sob estresse térmico reduzem o consumo de alimentos quando comparados a animais mantidos em conforto térmico, assim diminuem o ganho de peso e complicações na conversão alimentar.

Nesse sentido, Kiefer et al. (2010) informa que ambientes que provocam estresse térmico têm influência negativa sobre o comportamento dos suínos, bem como no desempenho e respostas fisiológicas. Uma pesquisa realizada por Justino et al. (2015), para verificar o impacto do resfriamento evaporativo sobre o desempenho e termorregulação de fêmeas lactantes, concluiu que o resfriamento evaporativo foi eficaz na redução dos efeitos do calor dos animais, no período do verão, contribuindo para o aumento de peso.

A pesquisa realizada por Santos et al. (2018), avaliando suínos em fase de terminação (em baias com e sem lâmina d'água), para verificar a influência da temperatura sobre o comportamento e ganho de peso, constatou que, em ambientes com altas temperaturas há menor ganho de peso. Ademais, o ganho de peso não foi influenciado pela lâmina d'água, que tem

impacto significativo na melhoria do bem-estar animal.

Influência dos fatores climáticos sobre qualidade de carne e carcaça de suínos

Manno et al. (2005) constataram que, em suínos de 15 a 30 kg, a temperatura ambiente tem influência negativa em relação à conversão alimentar e deposição de proteína na carcaça, influenciando também na elevação da FR e TR. Nesse contexto, o estudo de Manno et al. (2006) observaram em animais mantidos em altas temperaturas, a redução na deposição diária de proteína, bem como de gordura na carcaça.

Nesse sentido, a pesquisa de Kiefer et al. (2009) avaliou a eficácia de utilização de proteína e energia digestível, constatando que os animais submetidos a ambientes com conforto térmico apresentaram maior eficácia no uso da proteína da dieta e da energia da dieta, o que resulta em maiores deposições de proteína e de gordura na carcaça.

Já em 2010, Kiefer et al. constataram a interferência negativa do estresse térmico sobre os suínos ao perceber carcaças com menor peso e menor percentual de carne.

Outro efeito do estresse térmico está relacionado à qualidade da carne, que pode sofrer alterações na cor, no pH e retenção de água, ocasionando um impacto econômico significativo no rendimento da carcaça e qualidade dos diversos produtos. Para estimar o rendimento ou percentual de carne e carcaça se faz necessário calcular a dimensão do músculo do lombo, espessura do toucinho e peso da carcaça quente ou fria (Pomar et al., 2000). Desse modo, ressalta-se a relevância dos parâmetros de manutenção de qualidade e avaliação da carne em todas as etapas da cadeia produtiva.

Recursos tecnológicos empregados na suinocultura para minimizar o estresse por calor

Diante da constatação de que o clima exerce influência sobre o desempenho dos suínos, bem como sobre a qualidade de carne e carcaça, é importante destacar que alguns recursos tecnológicos têm sido empregados atualmente, no intuito de amenizar os efeitos do estresse térmico, bem como garantir uma ambiência satisfatória. Entre estas melhorias estão as adequações nos alojamentos, com total controle da ambiência, sistemas de ventilação, cortinas com sistema de automação, monitoramento por sensores e pisos com aquecimento.

A instalação de sensores de monitoramento da temperatura, nas distintas etapas da cadeia produtiva, como a utilização de mecanismos sensoriais desenvolvidos em plataformas virtuais, como Arduino®, são tecnologias muito importantes que tem em vista a verificação do conforto térmico (Castro Júnior, 2019). Segundo Borges et al. (2018), a instalação de um sistema automatizado de sensores em granjas de suínos, é de extrema relevância porque além de aferir a temperatura possibilita o controle do ambiente térmico, mantendo temperatura e umidade adequadas, através do acionamento de ventiladores e umidificadores.

Dentre os recursos tecnológicos empregados no controle da ambiência para amenizar as perdas relacionadas ao estresse térmico, promovendo o conforto térmico nas baias, estão as técnicas de resfriamento do ar por evaporação, como a nebulização por aspersão, Pad cooling e ventiladores com aspersores. Nesse contexto, nebulizadores devidamente calibrados, bem como o manejo adequado de cortinas tem grande relevância para ajudar na refrigeração do ambiente e na perda de calor do animal através da evaporação, uma vez que molham a sua pele (Souza et al, 2016). A utilização de cortinas nas laterais dos galpões ajuda a aquecer no período do inverno, e no verão contribui para amenizar o calor do sol (Rohr et al, 2016).

Outro recurso tecnológico utilizado, na fase de maternidade, visando manter o conforto térmico necessário nesta etapa em que o animal necessita de cuidados especiais, é a instalação de piso térmico. Nesse sentido, Rohr et al. (2018) construíram um modelo de piso térmico com a utilização de jatos de água quente circulando por baixo do piso, o qual se mostrou eficiente na manutenção do conforto térmico dos animais.

Severo (2005) faz algumas referência dos tipos de instalações que são utilizados na suinocultura para que tenham

maior eficiência na redução de cargas térmicas, sendo essa obtida pela cobertura dos galpões (telhados), para que possa ter uma relação com a melhor condição de ambiente para garantir um excelente conforto térmico aos animais. O plantio de gramas e de árvores ao lado dos galpões ajuda a reduzir o calor e a quantidade de luz refletida, ajudando a minimizar os microclimas que podem ser gerados no interior dos galpões.

Sartor et al. (2003) fez uma avaliação do modelo de resfriamento evaporativo, o qual foi observado efeito positivo sobre as condições do ambiente, conseguindo reduzir a temperatura e a umidade dentro dos galpões, proporcionando ainda uma melhora nos indicadores de conversão alimentar e ganho de peso dos suínos. Observa-se que propriedades que possuem aspersores nos telhados conseguem criar um ambiente mais favorável devido à baixa da temperatura e melhor sensação térmica dentro da instalação.

Nesse contexto, todos estes recursos empregados contribuem significativamente para diminuir o estresse térmico e garantir a qualidade da produção. Portanto, os estudos conduzidos por Galvão et al. (2019) e Souza et al. (2020) inferiram que ainda é necessário um aprimoramento em relação as tecnologias aplicadas ao longo da cadeia produtiva de suínos, para propiciar o bem-estar em relação a ambiência, minimizando as perdas e assegurando a qualidade do produto final.

4. Conclusão

O estresse térmico exerce efeitos negativos sobre o desempenho produtivo dos suínos, desencadeando perdas significativas desde a produção até o produto final, impactando no desempenho dos animais e na qualidade da carne de carcaça. Diante disso, é fundamental conhecer os inúmeros fatores externos e internos (microclima), ao longo da cadeia produtiva de suínos, que podem exercer efeitos diretos e/ou indiretos sobre os animais, acarretando redução da produtividade e consequentes prejuízos econômicos.

Nesse cenário, devem ser adotadas estratégias de manejo que possam amenizar os efeitos do estresse térmico na produção animal, considerando que o bem-estar e o conforto térmico são primordiais para a manutenção de altos níveis de produtividade.

Dada a importância da temática acreditamos que investigações futuras possam ser de grande relevância para uma melhor compreensão acerca da influência dos fatores climáticos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne em suínos, bem como para a proposição de tecnologias que impactam sobre esses fatores.

Referências

- Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. ABCS. <https://abcs.org.br/noticia/2020-trouxe-crescimento-da-producao-de-suinos-exportacoes-records-e-precos-com-fortes-oscilacoes/>
- Agostini, P. S., Silva, C. A., Bridi, A. M., Abrami, R. A. M., Pacheco, G. D., Lozano, A. P. & Visentainer, J. V. (2011). Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Archivos de zootecnia*, 60 (231), 659-670.
- Baptista, R. I. A. D. A., Bertani, G. R., & Barbosa, C. N. (2011). Indicadores do bem-estar em suínos. *Ciência Rural*, 41(10), 1823-1830.
- Berton, M. P. (2013). Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características de carcaça de suínos. UNESP, Jaboticabal, SP.
- Bianco, A. C. (2000). Hormônios tireóideos, UCPs e termogênese. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 44(4), 281-289.
- Borges, T. D. (2016). Impacto do estresse no bem-estar dos animais e na qualidade da carcaça e da carne. UNESP- Jaboticabal, SP.
- Borges, P. H. M., Mendoza, Z. M. S. H., Morais, P. H. M., & Santos, R. L. (2018). Sistema automatizado de baixo custo para produtores rurais: controle e monitoramento do ambiente térmico na suinocultura. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 4(2), 177-199.
- Bortolozzo, F. P., Kummer, A. B. H. P., Lesskiu, P. E., & Wentz, I. (2011). Estratégias de redução do catabolismo lactacional manejando a ambiência na maternidade. MEATWORD: O Mega Portal da Produção de carne Brasileira.
- Bridi, A. M., Oliveira, A. R. D., Fonseca, N. A. N., Shimokomaki, M., Coutinho, L. L., & Silva, C. A. D. (2006). Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2027-2033.

- Carvalho, C. L., Cavalcante, M. M., Camargo, N. D. O. T., & Andretta, I. (2021). Bem-estar animal em suínos. Editora Científica Digital, cap. 6. Doi: 10.37885/210203348. 2021.
- Cassolla, P. (2012). Importância do tecido adiposo marrom na ativação da termogênese induzida pela injeção central do C75, um inibidor da ácido graxo sintase. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo.
- Costa, O. A. D., Coldebella, A., Costa, M. J. R. P. D., Fautitano, L., Peloso, J. V., Ludke, J. V., & Scheuermann, G. N. (2006). Período de descanso dos suínos no frigorífico e seu impacto na perda de peso corporal e em características do estômago. *Ciência Rural*, 36, 1582-1588.
- Castro Júnior, S. L. Pacote tecnológico para o diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção. (2019). Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- Devillers, N., Fautitano, L., Robert Friendship, D. V. M., Widowski, T. M., Ringgenberg, N., & Possberg, F. (2012). Code of practice for the care & handling of pigs: review of scientific research on priority issues. National Farm Animal Care Council (NFACC).
- Dukes, H. H. Fisiologia dos Animais Domésticos. (2006). Editora Guanabara Koogan S.A.
- Eigenberg, R. A., Bucklin, R. A., & Brown-Brandl, T. M. (2009). Instrumentação para pesquisa e manejo em agropecuária. *Energética Pecuária e Gestão do Ambiente Térmico* (p. 131-149). Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos.
- Faria, D. E., & Santos, A. L. (2005). Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. *Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos*, 2, 315-329.
- Fialho, E. T., Ost, P. R., & Oliveira, V. (2001). Interações ambiente e nutrição—estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. In *Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de carne suína* (Vol. 2, pp. 351-359).
- Galvão, A. T., Silva, A. D. S. L., Pires, A. P., de Moraes, A. F. F., Neto, J. S. N. M., & Azevedo, H. H. F. (2019). Bem-estar animal na suinocultura: Revisão. *Pubvet*, 13, 148.
- Huynh, T. T. T., Aarnink, A. J. A., Verstegen, M. W. A., Gerrits, W. J. J., Heetkamp, M. J. W., & Kemp, B., Canh, T. T. (2005). Efeitos do aumento da temperatura nas mudanças fisiológicas em suínos em diferentes umidades relativas. *Journal of animal science*, 83 (6), 1385-1396.
- Joëls, M., & Baram, T. Z. (2009). The neuro-symphony of stress. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 459-466.
- Justino, E., Nääs, I. A., Carvalho, T. M. R., & Salgado, D. A. (2015). Efeito do resfriamento evaporativo e do balanço eletrolítico sobre a lactação de porcas em condições de verão tropical. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 455-464.
- Kannan, G., Chawan, CB, Kouakou, B., & Gelaye, S. (2002). Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *Journal of Animal Science*, 80 (9), 2383-2389.
- Kerr, B. J., Yen, J. T., Nienaber, J. A., & Easter, R. A. (2003). Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *Journal of animal Science*, 81(8), 1998-2007.
- Kiefer, C., Meignen, B. C. G., Sanches, J. F., & Carrijo, A. S. (2009). Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archivos de zootecnia*, 58(221), 55-64.
- Kiefer, C., Moura, M. S. D., Silva, E. A. D., Santos, A. P. D., Silva, C. M., Luz, M. F. D., & Nantes, C. L. (2010). Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 496-504.
- Laitano, O., Kalsi, K. K., Pook, M., Oliveira, A.R. & González-Alonso, J. (2010). Separate and combined effects of heat stress and exercise on circulatory markers of oxidative stress in euhydrated humans. *European Journal of Applied Physiology*, 110 (5), 953-960.
- Lindahl, G., Lundström, K., & Tornberg, E. (2001). Contribuição do conteúdo de pigmentos, formas de mioglobina e refletância interna para a cor do lombo e do presunto de suínos de raça pura. *Meat Science*, 59 (2), 141-151.
- Maganhini, M. B., Mariano, B., Soares, A. L., Guarnieri, P. D., Shimokomaki, M., & Ida, E. I. (2007). Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Food Science and Technology*, 27, 69-72.
- Manno, M. C., Oliveira, R. F. M. D., Donzele, J. L., Ferreira, A. S., Oliveira, W. P. D., Lima, K. R. D. S., & Vaz, R. G. M. V. (2005). Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1963-1970.
- Manno, M.C., Oliveira, R. F. M. D., Donzele, J. L., Oliveira, W. P. D., Vaz, R. G. M. V., Silva, B. A. N., & Lima, K. R. D. S. (2006). Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 471-477.
- Matarazzo, S. V. (2004). Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Moreira, I., Paiano, D., Oliveira, G. C. D., Gonçalves, G. S., Neves, C. A., & Barbosa, O. R. (2003). Desempenho e Características de carcaça de suínos (33-84 kg) criados em baias de piso compacto ou com lâmina d'água. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 132-139.
- Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S., & Veissier, I. (2006). Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *Journal of animal science*, 84(6), 1567-1576.

- Nóbrega, G. H., da Silva, E. M. N., de Souza, B. B., & Mangueira, J. M. (2011). A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 6(1), 9.
- Oliveira, N. C., Vieira, M. D. L., dos Santos, W. B. R., Pedroso, L. B., Ribeiro, J. C., Cezário, A. S., ... & de Souza, C. M. (2017). Influence of temperature in swine production and well-being. In *Colloquium Agrariae*, 13 (2), 254-264. Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE).
- Pandorf, H. (2005). Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão. Tese de Doutorado, ESALQ, Universidade de São Paulo.
- Pelicano, E., & Prata, L. (2007). Propriedades da carne & medidas instrumentais de qualidade. *Revista Nacional da Carne*, 31(364), 22-35.
- Pomar, C., Fortin, A., & Marcoux, M. (2000). Estimação do rendimento magro de carcaças suínas com base em diferentes metodologias para medir espessura de gordura e músculo. In *I Conferência Internacional sobre Qualidade de Carne Suína* (Vol. 16, No. 11).
- Quiniou, N., Dubois, S., & Noblet, J. (2000). Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livestock Production Science*, 63(3), 245-253.
- Ricci, G. D., & Dalla Costa, O. A. (2015). Abate humanitário de suínos. *Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1030734>
- Rodrigues, N. E. B., Zangeronimo, M. G., & Fialho, E. T. (2010). Adaptações físicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, 7 (2), 1197-1211.
- Rohr, S. A., Dalla Costa, O. A., & Dalla Costa, F. A. (2016). Bem-estar animal na produção de suínos: toda a granja. *Embrapa Suínos e Aves-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1045866>
- Rohr, M. L., de Oliveira Chaves, J., & Alves, L. M. S. (2018, July). Integrando Agropecuária, Física e Informática para o bem-estar animal: conforto térmico para suínos. In *Anais do V Encontro Nacional de Computação dos Institutos Federais*. SBC. <https://doi.org/10.5753/encompif.2018.3565>
- Rothwell, N. J., Stock, M. J., & Stribling, D. (1982). Diet-induced thermogenesis. *Pharmacology & therapeutics*, 17(2), 251-268. [https://doi.org/10.1016/0163-7258\(82\)90016-X](https://doi.org/10.1016/0163-7258(82)90016-X)
- Santos, T. C., Carvalho, C. D. C. S., da Silva, G. C., Diniz, T. A., Soares, T. E., Moreira, S. D. J. M., & Cecon, P. R. (2018). Influência do ambiente térmico no comportamento e desempenho zootécnico de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(2), 241-253. [10.5965/223811711722018241](https://doi.org/10.5965/223811711722018241)
- Saraiva, E. P., Oliveira, R. F. M. D., Donzele, J. L., Ferreira, A. S., Ferreira, R. A., Rezende, W. O., ... & Vaz, R. G. M. V. (2003). Níveis de proteína bruta em rações para suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, mantidos em ambiente de baixa temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1690-1696.
- Sartor, V., Baêta, F. C., Tinôco, I. D. F. F., & Luz, M. L. (2003). Efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação. *Engenharia na Agricultura*, 11, 58-64.
- Severo, J. C. D. A. (2005). Metodologia para análise de projetos de sistemas intensivos de produção suinícola. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/9724>
- Silvestre, P. N. (2020). Comportamento e bem-estar de reprodutoras suínas em duas idades gestacionais alojadas em sistema de gestação coletiva. <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10514>
- Sousa, M. B. C. D., Silva, H. P. A., & Galvão-Coelho, N. L. (2015). Resposta ao estresse: I. Homeostase e teoria da alostase. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 20, 2-11. <https://doi.org/10.5935/1678-4669.20150002>
- Sousa, P. (2002). Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno. *Campinas: Universidade Estadual de Campinas*.
- Souza, A. V., Abreu, M. T., Mesquita, N. F., & Ferreira, R. A. Quanto custa o estresse por calor na produção de aves e suínos?. *Nutritime Revista Eletrônica, on-line, Viçosa*, 17 (01), 8647-8653.
- Souza, J. C. P. V. B., Oliveira, P. A. V., Tavares, J. M. R., Belli Filho, P., Zanuzzi, C. M.S., Tremea, S. L., Piekas, F., Squezzato, N. C., Zimmermann, L. A., Santos, M. A., Amaral, N. (2017). *Cartilha Gestão da água na suinocultura*. Embrapa Suínos e Aves
- Souza, R. G., Gomide, A. P. C., Feitosa, T. J. O., Crispim, E. G., Leite, D. P. S. B. M., França, V.S., Sousa, G. R., Sousa, W. K. C., Carvalho Júnior, J. E. M., Mota, D. G. (2020). Influência da temperatura na maternidade de suínos: revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9 (3), e193932757-e193932757. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2757>
- Vieira, E. C. (2019). Energia em biologia. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, 26(1 e 2), 136-145. <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2019.16093>
- Viljoen, H. F., De Kock, H. L., & Webb, E. C. (2002). Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat science*, 61(2), 181-185. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00183-8)
- Yan, P., & Yamamoto, S. (2000). Relationships between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. *Animal Science Journal*, 71(10).