



**Tecnologias aplicadas ao monitoramento de parâmetros fisiológicos na produção de ruminantes.** Technologies applied to monitoring physiological parameters in ruminant production.

[Aline Rabello Conceição](#)<sup>1</sup>, [Amanda Candian Coeli](#)<sup>2</sup>, [Pedro Henrique Silva Braga](#)<sup>3</sup>, Polliany da Costa Santos Oliveira<sup>3</sup>, [Erica Beatriz Schultz](#)<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Discente de Mestrado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, VIÇOSA/MG – Brasil, [aline.rabello@ufv.br](mailto:aline.rabello@ufv.br)

<sup>2</sup> Discente de Graduação, Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, UFV, VIÇOSA/MG – Brasil, [amanda.coeli@ufv.br](mailto:amanda.coeli@ufv.br)

<sup>3</sup> Discente de Graduação, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, VIÇOSA/MG – Brasil, [pedro.h.braga@ufv.br](mailto:pedro.h.braga@ufv.br), [polliany.oliveira@ufv.br](mailto:polliany.oliveira@ufv.br)

<sup>4</sup> Docente, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, VIÇOSA/MG – Brasil, [erica.schultz@ufv.br](mailto:erica.schultz@ufv.br)

## Resumo

Objetivou-se revisar as principais tecnologias na produção de ruminantes para mensuração da frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura corporal (TC). Alterações fisiológicas podem indicar desequilíbrio das funções vitais do corpo, portanto, identificar sua causa é crucial para uma tomada de decisão precoce e assertiva. O uso de tecnologias auxilia no monitoramento remoto e contínuo dos animais. As principais tecnologias usadas para FC e FR foram sensores de movimento e ópticos, baseados na fotopleletismografia, em imagens no espectro visível ou na termografia (TIV). Para a temperatura corporal as principais tecnologias usadas são a TIV e os sensores (termômetros e termopares) de temperatura corporal e de ambiente. Conclui-se que a aplicação das tecnologias permite um maior volume de dados mantendo o bem-estar animal.

**Palavras-chaves:** Fisiologia. Indicadores. Precisão. Sensores.

## Abstract

The objective was to review the main technologies in ruminant production for measuring respiratory rate (RR), heart rate (HR) and body temperature (BT). Physiological changes may indicate imbalance of vital body functions, so identifying their cause is crucial for early and assertive decision making. The use of technology aids in remote and continuous monitoring of the animals. The main technologies used for HR and RR were motion and optic sensors, such as those based on photoplethysmography, visible spectrum imaging or thermography (TIV). For body temperature the main technologies used are TIV and sensors (thermometers and thermocouples) for body and room temperature. It is concluded that the application of the technologies allows a greater volume of data while maintaining animal welfare.

**Keywords:** Accuracy. Indicators. Physiology. Sensors.



## **Introdução**

Nas últimas décadas a pecuária tem passado por uma série de modificações a fim de atender à crescente demanda por produtos de origem animal, concomitante às exigências por qualidade, certificação e bem-estar animal na criação (DELGADO et al., 2001). Portanto, é desafiador para o primeiro elo da cadeia, os produtores, atender as exigências do mercado e assegurar que o custo de comercialização seja acessível para a população. O que só é possível com a coleta de informação, gestão e eficiência produtiva.

Nesta perspectiva, a aplicabilidade das tecnologias para o monitoramento animal é crescente e relevante. Isso pois, permite a automação e automatização dos procedimentos, gerando maior volume e confiabilidade de dados. Embora já existam técnicas eficientes de monitoramento de parâmetros fisiológicos, estas no geral são invasivas, onerosas e demandam tempo. Devido a atual demanda por manutenção do bem-estar animal é emergente que técnicas menos invasivas sejam desenvolvidas e inseridas, como apontado por Fernandez et al. (2018), através do imageamento e uso de sensores.

Em geral, as tecnologias aplicadas para o monitoramento de indicadores de bem-estar animal são os sensores como os acelerômetros, câmeras e biossensores. Estes, permitem coletar informações em tempo real com potencial para identificação e prevenção de doenças, do comportamento e desempenho animal. A mensuração de parâmetros fisiológicos pode indicar a homeostasia do sistema, bem como apontar desequilíbrios ou patologias. O que torna possível a identificação de ambientes desafiadores e estressores, a realização de diagnósticos precoce e o controle do desempenho dos animais de produção.

A percepção do ambiente de criação, bem como de modificações nele, ocorre pelo sistema nervoso, o qual por meio do hipotálamo produz fatores que desencadeiam a síntese de hormônios essenciais para a regulação das funções corporais (SAMMAD et al., 2020) O inter-relacionamento entre sistema nervoso e endócrino é responsável pelo estabelecimento da homeostasia do organismo. Além disso, os sistemas são responsivos a estímulos do ambiente e ciclos, como o circadiano (GONZÁLEZ, 2004). Os hormônios atuam no controle homeostático corporal devido seu mecanismo de ação na célula alvo, por meio da resposta biológica (GUYTON & HALL, 2011). Esta, por sua vez, pode ocorrer pela síntese de proteínas, hormônios, produção de calor metabólico, modificações na membrana plasmática entre outros (GUYTON & HALL, 2011). Ou seja, a repostas a estímulos em sua maioria, podem ser quantificados através de indicadores fisiológicos.

Devido a relevância e com intuito de facilitar a coleta de informações fisiológicas várias tecnologias têm sido desenvolvidas. Sendo assim, objetivou-se revisar o uso de tecnologias para mensuração de parâmetros fisiológico mais importantes da homeostasia, sendo eles, frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura corporal (TC) na produção animal.

## **Parâmetros fisiológicos**

### **Frequência cardíaca**

A frequência cardíaca (FC), corresponde a duração do ciclo cardíaco, ou seja, número de batimentos por minuto (GUYTON & HALL, 2011). As arritmias, bradicardia e taquicardia, correspondem a redução e aumento da frequência cardíaca, respectivamente, e podem ser ocasionadas

por diversos fatores, como estressores ambientais, atividades físicas, patologias, e desequilíbrios metabólicos.

Os métodos de medição da frequência cardíaca que normalmente são aplicados aos animais são os mesmos utilizados nos seres humanos, ou adaptações deles. Como por exemplo, o uso de estetoscópios e cronômetro, contabilizando o número de batimentos cardíacos em um minuto. O que por sua vez depende de capacitação profissional, devido a existência de local específico para realizar a ausculta nas diferentes espécies (JORQUERA-CHÁVEZ et al., 2019).

Com a adaptação dos exames da medicina humana à veterinária, os eletrocardiogramas, os quais representam graficamente ondas elétricas geradas pelo coração (COSTANZO, 2018), indicando o ritmo, permitem a detecção do número de batimentos por minuto também nos animais. Este exame depende da fixação de eletrodos na pele do animal, o que já representa um entrave para animais com muitos pelos, necessitando de raspagem da área. Porém, devido a acessibilidade da técnica, ela é usada desde a década de 80 até a atualidade. Já em 1988, Claxton considerou a técnica útil no diagnóstico de alterações no ritmo cardíaco em bovinos, apesar de ter utilizado apenas 6 animais em sua pesquisa.

Um entrave para o escalonamento de técnicas, como a aferição manual e eletrocardiograma na produção animal é a baixa portabilidade. Portanto, estes equipamentos têm demonstrado potencial apenas em estudos pontuais e diagnósticos de doenças de forma individualizada. Como alternativa, sensores ópticos, têm sido utilizados para monitorar a frequência cardíaca em tempo real, eles são baseados na fotopletismografia, método capaz de medir alterações de volume de sangue dos capilares (BENT et al., 2020). Um exemplo comercial, são os monitores cardíacos Polar®.

Kovács et al. (2015) utilizaram um sistema de registro móvel de FC que continha monitores e sensores Polar®, o parâmetro foi utilizado como indicador do estresse crônico em vacas leiteiras causado pela claudicação, patologia de grande impacto na atividade. Os autores observaram declínio na frequência cardíaca em animais doentes, o que pode ter sido causado pela menor locomoção devido à dor.

Salzer et al. (2022) também motivados em solucionar a demanda da pecuária por técnicas remotas de monitoramento e avaliações dos parâmetros fisiológicos, implementaram em quatro vacas um sistema de sensor de anel nasal sem fio. Por meio da técnica de fotopletismografia, a frequência cardíaca foi obtida por meio transformação de Fourier, que converte o pico de sinais do sensor óptico em frequência. A análise correlação com os dados de um oxímetro portátil de pulso demonstraram-se altas e significativas, ou seja, que sensor consegue mensurar a frequência cardíaca (SALZER et al., 2022).

Assim como os eletrocardiogramas, os monitores Polar® e o anel nasal, mostraram-se confiáveis e eficazes na mensuração das medidas cardíacas. Entretanto, demandam da instalação, bem como de cintos para a fixação dos monitores e sensores (KOVÁCS et al., 2015; CLAXTON, 1988; SALZER et al., 2022). Portanto, outro desafio é adaptar tais metodologias às necessidades das fazendas, as quais demandam de meios mais práticos e que permitam um monitoramento remoto automatizado dos aspectos fisiológicos dos animais.

Com intuito de facilitar a coleta de informação o uso de imagens é exponencial. Como apontado por Oliveira et al. (2021), em uma imagem simples é possível extrair informações sobre o animal e o ambiente. Isto é possível pois a pecuária digital tem explorado o potencial de monitoramento automatizado e das ferramentas de inteligência artificial, com uso da visão computacional. Como exemplo de aplicação da técnica, Jorquera-Chavés et al. (2019) utilizaram áreas da face de vacas implementando para obter a FC. O método ouro para obtenção da FC foram

os monitores Polar<sup>®</sup>. O primeiro desafio relatado pelos autores é que o desempenho dos monitores diferia entre si e que há inconsistências no uso deles em bovinos, sendo influenciados pela posição e movimento dos animais, assim como observado em outros estudos. Além disso, perceberam que a FC é um parâmetro fortemente influenciável pela variabilidade animal. Portanto, optaram por realizar as análises de correlação entre a FC remota e Polar por animal. Foi encontrada uma alta correlação entre os dados dos métodos, ao contrário do demonstrado quando a análise foi realizada com os dados do grupo. Por fim, apesar do resultado positivo, eles motivaram a realização de mais estudos a fim de reduzir os efeitos de ambiente e animal sob a metodologia (JORQUERA-CHAVÉS et al., 2019).

Em decorrência das tendências globais da utilização da inteligência artificial na pecuária e dos estudos expostos, há indicativos de que o uso de sensores e da visão computacional é o caminho para o desenvolvimento de métodos para o monitoramento remotos dos animais de fazendas, adaptando-os para gerar alertas em momento de alterações significativas na frequência cardíaca.

### Frequência respiratória

Ritmo ou frequência respiratória, corresponde ao número de respirações em um espaço de tempo, geralmente, respirações por minuto, sendo esta responsável pela oxigenação e remoção do dióxido de carbono dos tecidos (COSTANZO, 2018). Distúrbios respiratórios comprometem tal função e podem causar dificuldade de respirar, apneia, dispnéia, podendo até levar à morte. Segundo Guyton e Hall (2011), a identificação e tratamento eficaz destes depende da compreensão da alteração causada ao funcionamento do sistema respiratório e do reconhecimento da causa.

Na pecuária, os distúrbios respiratórios afetam a maioria das espécies. Na bovinocultura de corte, White & Larson (2020) demonstrado que os custos com o tratamento da doença respiratória bovina podem chegar a US\$88,7 milhões. Ao considerar categorias mais susceptíveis como bezerros pré-desmame o prejuízo total estimado pode ser de até duas vezes maior, ou seja, US\$165 milhões por ano (WANG et al., 2018). Além dos prejuízos econômicos, há também prejuízos ao bem-estar animal e ao desempenho produtivo. Portanto, um diagnóstico preciso e em tempo real em conjunto com as medidas profiláticas são imprescindíveis para a redução do risco de afecção e de perdas relacionadas ao tratamento e mortalidade causados por essas patologias (WHITE & LARSON, 2020).

Tradicionalmente, a medição da FR é realizada com auxílio de estetoscópio e cronômetro ou por observação e contagem dos movimentos respiratórios do animal, como demonstrado por Andrade et al. (2001). Segundo Stewart et al. (2017), uma alternativa é realizar a medição da FR por observação e contagem de forma remota, por meio de vídeo imagens, permitindo um monitoramento mais assertivo, uma vez que evita estressar o animal pela presença do observador.

Assim como mencionado na seção de frequência cardíaca, as técnicas de monitoramento da FR também tendem a imitar as utilizadas em humanos. Portanto, uma alternativa que tem demonstrado potencial no monitoramento remoto deste parâmetro e para o diagnóstico de doenças respiratórias, são as tecnologias vestíveis (NEETHIRAJAN, 2017). Por exemplo, os biossensores, acelerômetros, sensores de som, sensores óticos, entre outros. Gardaloud et al. (2022) utilizaram acelerômetros nos brincos de bezerros para detecção precoce da doença respiratória bovina, por meio de alterações comportamentais. Foi observado redução da atividade dos animais, dois e três dias, antes de manifestarem os sintomas clínicos da doença, indicando, portanto, que a tecnologia pode ser aplicada para o diagnóstico precoce e individualizado.

Além das patologias, diversos outros fatores podem causar alterações respiratórias, como por exemplo a resposta fisiológica ao estresse, que segundo Andrade et al. (2001), pode alterar também

a frequência cardíaca (FC) e a concentração de cortisol. Para avaliar as alterações causadas na FR de vacas de leite submetidas a estresse térmico, Strutzke et al. (2019) desenvolveram um dispositivo com um sensor de pressão anexado a mandíbula do animal, por um cabresto, para medir a FR. Ao correlacionarem os dados obtidos com os da medida tradicional, o movimento dos flancos, foi encontrado um coeficiente de correlação maior que 90%, possibilitando a automatização da medição da FR por meio do dispositivo. Salzer et al. (2022), com uso de anel nasal e sensores térmicos, detectaram a temperatura de entrada e saída do ar, possibilitando a predição da FR.

Já para o uso de imagens no monitoramento automatizado da FR, Stewart et al. (2017) objetivaram validar o uso de vídeo imagens termográficas para a obtenção deste parâmetro em vacas leiteiras. O método se baseou na identificação da diferença de temperatura das narinas na inspiração e na expiração. Foi constatado pouca diferença entre as taxas respiratória obtidas pela imagem termográfica e o método padrão (observação e contagem), demonstrando que a metodologia pode ser utilizada para medir a FR de forma não invasiva e remota. Fuentes et al. (2021) por meio de imagens da sala de ordenha e visão computacional, estimaram a FC, FR e movimentos abruptos, para prever temperatura ocular, produção e qualidade do leite. Desta forma foi apontado o potencial de disseminação da técnica, devido a acessibilidade das câmeras RGB, e a capacidade de utilizar os dados obtidos como indicadores de estresse. Wu et al. (2020) adotaram o uso de imagens e técnica de aprendizado profundo para detectar da respiração. Quando testado em vídeos de vacas sob estresse térmico a precisão da FR foi de 98,69%.

Em outro estudo de monitoramento remoto na rotina da pecuária leiteira, Pastell et al. (2007) utilizaram sensor de distância à laser para detecção de variações de FR causados pelo estresse, por meio dos movimentos de flanco de vacas leiteiras. No estudo, relatou-se, por meio das FR obtidas, não haver diferença no estresse causado pelas ordenhas mecânicas e robótica. De forma similar, Tuan et al. (2022) instalaram na sala de ordenha experimental um sistema integrado de radar de onda contínua modulada por frequência de onda milimétrica e um sensor de temperatura e ambiente. Os movimentos do flanco das vacas, obtidos pelo radar, foram usados para prever a FR, obtendo um a precisão de 99,5%.

Apesar de não haver muitas tecnologias que já sejam usadas a campo na mensuração direta da frequência respiratória, de acordo com os estudos citados, a identificação precisa ou previsão de alterações nos indicadores de doenças respiratórias e de estresses, como mudanças comportamentais e incidência de tosse, já fornece subsídios confiáveis para uma tomada de decisão rápida, garantindo o bem estar dos animais. Portanto, constatou-se que o monitoramento remoto automatizado, não só da FR, mas também dos indicadores de anormalidades comportamentais dos animais é o sentido para qual caminha a pecuária de precisão.

## Temperatura corporal

A temperatura corporal é um importante indicador de saúde animal, uma vez que por meio dela podem ser detectados estresses, inflamações locais, e patologias no geral. A termorregulação corpórea é realizada por *feedback* dos receptores de temperatura nos centros regulatórios de temperatura no hipotálamo. A manutenção da temperatura corporal é imprescindível para o funcionamento das funções vitais. Uma vez que, a hipotermia, queda da temperatura, leva à perda da capacidade do hipotálamo de termorregulação. Por outro lado, a elevação da temperatura pode causar hemorragias locais e destruição celular (GUYTON & HALL, 2011).

Tradicionalmente, a aferição da temperatura dos animais é realizada com auxílio de um termômetro inserido no reto, como relatado por diversos autores e na maioria das espécies. Por exemplo, Bewley et al. (2008) em vacas. Eles foram motivados a estudar a relação entre temperatura retal e reticular em busca de um método diferente que driblasse a problemática sobre a imprecisão e invasividade do método tradicional.

Similar a outros indicadores fisiológicos e devido a sua relevância uma gama de sensores e tecnologias vem sendo testadas na produção de ruminantes para mensurar e monitorar a temperatura corporal. Dentre as tecnologias temos boulus ruminal, que em estudo, Bewley et al. (2008) encontraram alta correlação entre as temperaturas retal e do dispositivo. O boulus por ser um produto comercial, representa grande avanço na utilização da temperatura ruminal, uma vez que torna acessível pesquisas em grandes escalas (BEWLEY et al., 2008).

A variação de temperatura corporal de vacas pode também ser utilizada como indicador de parto e estro. Nesta perspectiva, Aoki et al. (2005) mediram a temperatura vaginal de vacas durante 7 dias antes do parto, por meio de um sensor termopar e um registrador de dados, anexado a elas com um cinto. A redução da temperatura vaginal foi considerada como indicador de que o parto estava próximo, 60-72h após. O monitoramento constante proporcionado pelo método, permite melhor controle e intervenção rápida em partos difíceis.

Outra alternativa tecnológica são os dispositivos de imagem térmica, como as câmeras termográficas, que são capazes de captar carga infravermelha sem contato, e esta é representativa e proporcional à temperatura do corpo (WARRISS et al., 2006). Dentre as vantagens da utilização de termografia infravermelha (TIV), destacam-se a portabilidade do equipamento para diferentes ambientes operacionais, a simplicidade e agilidade da mensuração, a propriedade não destrutiva e a alta capacidade analítica. Portanto, a aplicação da técnica traz, tanto benefícios econômicos para o criador, quanto para o bem-estar animal.

Apesar de ainda necessitar de validação em escala industrial, a TIV tem demonstrado grande potencial nas diferentes áreas, trazendo praticidade, confiabilidade e redução de custos. Um exemplo de aplicação é demonstrado por McManus et al. (2016), que propõe o uso dos dados de termografia como mensuradores indiretos da eficiência alimentar de bovinos, uma vez que animais mais eficientes apresentam temperatura corporal mais baixas que os menos eficientes, bem como menor produção de metano. Além disto, a identificação de estressores e do estresse por calor a partir da detecção de alterações térmicas, por meio da termografia contribui para a agilidade na tomada de decisão, uma vez que é uma ferramenta remota, não invasiva e em tempo real (McMANUS et al., 2016).

Para bovinos de leite, principalmente animais de alto desempenho é desafiador o processo de homeotermia. Chacur et al. (2016) estudaram a influência da temperatura e umidade relativa do ar, nas temperaturas superficiais da pele das vacas, obtidas por termografia. Observou-se que o aumento da temperatura e umidade do ar dificultavam a termorregulação, aumentando a temperatura superficial da glândula mamária, o que pode estar relacionado à redução na produção de leite. Foi obtida alta correlação ( $R^2=0,71$ ) entre temperatura ambiente e temperatura corporal, o que mostra que as imagens de TIV podem ser usadas na predição de doenças inflamatórias e o impacto na produção de leite. Por fim, pôde-se constatar a capacidade da TIV em auxiliar nas avaliações de temperaturas corporal e ambiental das vacas, uma vez que demonstrou alta facilidade e praticidade, o que permite encaixe no manejo diário destes animais, sem comprometer o bem-estar (CHACUR et al., 2016).

Outra utilização da variação da temperatura é para identificação de estro. Talukder et al. (2014) utilizaram TIV de focinho e vulva e algoritmos, desenvolvidos por eles, para prever estro e ovulação em vacas. Por meio do algoritmo, padrões foram encontrados nos dados, dentre eles que há

aumento na temperatura da vulva 24h antes da ovulação e diminuição na ovulação. O estudo serviu também para comparar a TIV com métodos já utilizados para detecção de estro, como o Estrotec que apresentou maior especificidade, mas menor especialidade. Foi constatado que os algoritmos para temperaturas vulvares tiveram maior sensibilidade (% de alerta de estro verdadeiro por TIV) e especificidade que os para temperatura de focinho, já que este local sofre maiores influências do ambiente externo. O melhor resultado para a sensibilidade, ocorre quando há uma combinação dos métodos, observação visual, TIV e Estrotec. Portanto, a TIV é uma alternativa para ser incorporada na rotina de identificação de estro e ovulação, pois permite a identificação de variações na temperatura corporal relacionadas ao estro.

Por outro lado, na bovinocultura de corte, Cuthbertson et al. (2020), estudaram a aplicabilidade da TIV como ferramenta para estudos de comportamento bovinos de corte e observaram que ele pode ser utilizado como indicador de temperamento, através das temperaturas oculares dos bovinos obtidas por meio da TIV conciliadas a avaliações comportamentais e correlacionar com prejuízos à qualidade da carne. Foi observado que animais que apresentaram maiores temperaturas, eram mais reativos e tinham maior chance de produzir carne de menor qualidade. O que, portanto, é um indício do potencial desta tecnologia em se relacionar com indicadores comportamentais e de qualidade de carne e predizê-la (CUTHBERTSON et al., 2020).

As ovelhas são pequenos ruminantes que devido a sua pelagem, ao serem criadas em condições tropicais estão constantemente sujeitas ao estresse por calor. Joy et al. (2022) buscaram em seu estudo conciliar o aprendizado de máquina à TIV para prever a temperatura retal de ovelhas em estresse térmico. Foi desenvolvido um modelo de redes neurais artificiais, utilizando índices de temperatura-umidade e temperaturas de TIV como entrada, e a temperatura retal como saída pretendida. O melhor algoritmo para a rede foi o *Bayesian Regularization* ( $R^2=0,92$ ). Portanto, devido à alta precisão e acurácia, obtidos no estudo, pôde-se comprovar a eficácia da TIV, conciliada ao aprendizado de máquina em prever situações de estresse térmico em ovelhas, interferindo minimamente na rotina (JOY et al., 2022).

No âmbito da medicina veterinária, a TIV tem auxiliado em diagnósticos de forma rápida e precoce. Por exemplo, em bovinos leiteiros, para a mastite e as lesões de casco, patologias mais frequentes, que representam expressivas perdas econômicas para atividade, além do grande prejuízo ao bem-estar dos animais. A identificação precoce de ambas as doenças permite rapidez no tratamento e evita o agravamento dos sintomas (COLAK et al., 2008). Segundo Rezende et al. (2022), a gravidade dos casos e o quão oneroso será o tratamento é diretamente influenciado pelo tempo entre o diagnóstico e o tratamento, portanto o diagnóstico precoce é a melhor estratégia.

Sendo assim, o uso da TIV para o diagnóstico da mastite surge como uma alternativa, rápida e não invasiva para o monitoramento da temperatura do úbere. Isso pois, a mastite causa uma infecção nas glândulas mamárias, que é responsável pelo aumento da temperatura do úbere. Colak et al. (2008) testaram se a TIV era eficaz no diagnóstico precoce de mastite, e observaram que ao contrário da temperatura retal, a TIV é representativa e eficiente em demonstrar alterações locais na temperatura da pele, como ocorre no úbere, durante a infecção. Visto que, a temperatura da pele teve uma forte correlação positiva com a pontuação de CMT, pode-se dizer que há potencial de utilização da tecnologia na investigação da mastite (COLAK et al., 2008).

Da mesma forma, Rezende et al. (2022) utilizou os resultados obtidos pelo teste do CMT (*California Mastitis Test*) e do CCS (Contagem de Células Somáticas), para diagnóstico da mastite, e o TIV do úbere, para analisar a associação entre estes. Observou-se que a CCS, CMT e o TIV do úbere estão fortemente e positivamente associadas, o que quer dizer que quanto maior a temperatura

da área, maior é a CCS e CMT e conseqüentemente a incidência de mastite. A análise de agrupamento também foi realizada e apontou a TIV do úbere como melhor variável preditora de CCS devido à alta similaridade (89%). Portanto, por meio deste estudo conclui-se que há potencial no uso da TIV com auxílio do aprendizado de máquina para diagnosticar e prever infecções locais, por meio de alterações na temperatura (REZENDE et al., 2022).

Outra aplicabilidade da TIV no diagnóstico precoce de doenças em vacas de leite é para lesões de casco. Alsaod & Büscher (2012) avaliaram o uso da TIV como ferramenta para identificação de claudicações. As imagens termográficas dos membros pélvicos e da banda coronária foram realizadas antes e depois do corte dos cascos, e a temperatura ambiente mensurada por termômetro, com objetivo de detectar lesões por meio da variação da temperatura dos membros, em que pôde-se inferir que a TIV conciliada ao exame clínico auxiliaria no diagnóstico precoce (ALSAAOD & BÜSCHER, 2012). Diante do exposto é possível dizer que o uso da TIV é uma excelente alternativa aos métodos tradicionais, podendo ser aplicada em diferentes situações e espécies. Porém, devido à falta de validações práticas e em grande escala, ainda não é considerada uma técnica substituta.

### **Considerações finais**

O uso das tecnologias na produção animal como método auxiliar ou substituto aos tradicionais tem acarretado diversos avanços na produção animal, tanto para medidas profiláticas, como para avaliações de bem-estar e diagnósticos. A pecuária de precisão continuará avançando no uso de sensores e inteligência artificial para automatizar e facilitar o acesso aos dados fisiológicos em maior volume e em tempo real, para garantir a manutenção da saúde, bem-estar e desempenho animal.

### **Conflitos de interesse**

Não houve conflito de interesses dos autores.

### **Contribuição dos autores**

Aline Rabello Conceição - execução da pesquisa e escrita; Amanda Candian Coeli, Pedro Henrique Silva Braga e Polliany da Costa Santos Oliveira - leitura e interpretação das obras e escrita; Erica Beatriz Schultz - ideia original, orientação, correções e revisão do texto.

### **Referências**

- ALSAAOD, M.; BÜSCHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 2, p. 735-742, 2012. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4762>
- ANDRADE, O.; ORIHUELA, A.; SOLANO, J.; GALINA, C. S. Some effects of repeated handling and the use of a mask on stress responses in zebu cattle during restraint. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 71, n. 3, p. 175-181, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00177-5)
- AOKI, M.; KIMURA, K.; SUZUKI, O. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. **Animal Reproduction Science**, v. 86, n. 1/2, p. 1-12, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.046>



- BENT, B.; GOLDSTEIN, B. A.; KIBBE, W. A.; DUNN, J. P. Investigating sources of inaccuracy in wearable optical heart rate sensors. **NPJ Digital Medicine**, v. 3, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0226-6>
- BEWLEY, J. M.; EINSTEIN, M. E.; GROTT, M. W.; SCHUTZ, M. M. Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 12, p. 4661-4672, 2008. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0835>
- CHACUR, M. G. M.; BASTOS, G. P.; VIVIAN, D. S.; SILVA, L.; CHIARI, L. N. F.; ARAUJO, J. S.; SOUZA, C. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Utilização da termografia de infravermelho para avaliação de fatores climáticos e sua influência na reprodução e lactação em gado de leite. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 44, p. 1-10, 2016. <https://www.ufrgs.br/actavet/44/PUB%201412.pdf>
- CLAXTON, M. S. Electrocardiographic evaluation of arrhythmias in six cattle. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 192, n. 4, p. 516-521, 1988. <https://europepmc.org/article/MED/3372301>
- COLAK, A.; POLAT, B.; OKUMUS, Z.; KAYA, M.; YANMAZ, L. E.; HAYIRLI, A. Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 11, p. 4244-4248, 2008. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1258>
- COSTANZO, L. S. (Ed.). **Fisiologia**. Elsevier Health Sciences, 2018.
- CUTHBERTSON, H.; TARR, G.; LOUDON, K.; LOMAX, S.; WHITE, P.; MCGREEVY, P.; POLKINGHORNE, R.; GONZÁLEZ, L. A. Using infrared thermography on farm of origin to predict meat quality and physiological response in cattle (*Bos taurus*) exposed to transport and marketing. **Meat Science**, v. 169, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108173>
- DELGADO, C. L.; ROSEGRANT, M. W.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. A pecuária até ao ano 2020: a próxima revolução alimentar. **Perspectivas da Agricultura**, v. 30, n. 1, p. 27-29, 2001. <https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/126551/filename/126762.pdf>
- FERNANDEZ, A. P.; NORTON, T.; TULLO, E.; HERTEM, T.; YOUSSEF, A.; EXADAKTYLOS, V.; VRANKEN, E.; GUARINO, M.; BERCKMANS, D. Real-time monitoring of broiler flock's welfare status using camera-based technology. **Biosystems Engineering**, v. 173, p. 103-114, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.008>
- FUENTES, S.; VIEJO, C. G.; TONGSON, E.; LIPOVETZKY, N.; DUNSHEA, F. R. Biometric physiological responses from dairy cows measured by visible remote sensing are good predictors of milk productivity and quality through artificial intelligence. **Sensors**, v. 21, n. 20, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21206844>
- GONZÁLEZ, N. C. Introdução a fisiologia respiratória: aspectos mecânicos da ventilação pulmonar. In: CINGOLANI, H. E.; HOUSSAY, A. B. (Eds.). **Fisiologia Humana** de Houssay. 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 398-413, 2004.
- HALL, J. E. **Guyton y Hall. Compendio de Fisiología Médica**. Elsevier Health Sciences, 2021.
- JORQUERA-CHAVEZ, M.; FUENTES, S.; DUNSHEA, F. R.; WARNER, R. D.; POBLETE, T.; JONGMAN, E. C. Modelling and validation of computer vision techniques to assess heart rate, eye temperature, ear-base temperature and respiration rate in cattle. **Animals**, v. 9, n. 12, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9121089>
- JOY, A.; TAHERI, S.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J.; DiGIACOMO, K.; OSEI-AMPONSAH, R.; BRODIE, G.; CHAUHAN, S. S. Non-invasive measure of heat stress in sheep using machine learning techniques and infrared thermography. **Small Ruminant Research**, v. 207, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106592>

- KOVACS, L.; KÉZÉR, F. L.; JURKOVICH, V.; KULCSÁR-HUSZENICZA, M.; TÖZSÉR. Heart rate variability as an indicator of chronic stress caused by lameness in dairy cows. **PLOS ONE**, v. 10, n. 8, e0134792, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146625>
- MCMANUS, C.; TANURE, C. B.; PERIPOLLI, V.; SEIXAS, L.; FISCHER, V.; GABBI, A. M.; MENEGASSI, S. R. O.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; DIAS, E.; COSTA JR, J. B. G. Infrared thermography in animal production: an overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10-16, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.01.027>
- NEETHIRAJAN, S. Recent advances in wearable sensors for animal health management. **Sensing and Bio-Sensing Research**, v. 12, p. 15-29, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2016.11.004>
- OLIVEIRA, D. A. B.; PEREIRA, L. G. R.; BRESOLIN, T.; FERREIRA, R. E. P.; DOREA, J. R. R. A review of deep learning algorithms for computer vision systems in livestock. **Livestock Science**, v. 253, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104700>
- PASTELL, M.; KAIHILATHI, J.; AISLA, A-M.; HAUTALA, M.; POIKALAINEN, V.; AHOKAS, J. A system for contact-free measurement of respiration rate of dairy cows. **Precision Livestock Farm**, v. 7, p. 105-109, 2007. [https://www.researchgate.net/publication/282770214\\_A\\_system\\_for\\_contact-free\\_measurement\\_of\\_respiration\\_rate\\_of\\_dairy\\_cows](https://www.researchgate.net/publication/282770214_A_system_for_contact-free_measurement_of_respiration_rate_of_dairy_cows)
- GARDALOU, N. R.; GUSE, C.; LIDAUER, L.; STEININGER, A.; KICKINGER, F.; ÖHLSCHUSTER, M.; AUER, W.; IWERSSEN, M.; DRILLICH, M.; KLEIN-JÖBSTL, D. Early detection of respiratory diseases in calves by use of an ear-attached accelerometer. **Animals**, v. 12, n. 9, 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12091093>
- REZENDE, E. S. J.; MOURA, D. J.; PEREIRA, J. L. A. R.; FERRAZ, M. A. J.; FERRAZ, G. A. J.; FARIA, J. E.; FERREIRA, Y. C. G. Análise de associação entre imagens termográficas e diagnóstico de mastite. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 15532-15542, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjhrv5n2-004>
- SALZER, Y.; LIDOR, G.; ROSENFELD, L.; RESHEF, L.; SHAKED, B.; GRINSHUPUN, J.; HONIG, H. H.; KAMER, H.; BALAKLAV, M.; ROSS, M. A nose ring sensor system to monitor dairy cow cardiovascular and respiratory metrics. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 9, 2022. <https://doi.org/10.1093/jas/skac240>
- SAMMAD, A.; WANG, Y. J.; UMER, S.; LIRONG, H.; KHAN, I.; KHAN, A.; AHMAD, B.; WANG, Y. Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: consequences and opportunities. **Animals**, v. 10, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10050793>
- STEWART, M.; WILSON, M. T.; SCHAEFER, A. L.; HUDDART, F.; SUTHERLAND, M. A The use of infrared thermography and accelerometers for remote monitoring of dairy cow health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 5, p. 3893-3901, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12055>
- STRUTZKE, S.; FISKE, D.; HOFFMANN, G.; AMMON, C.; HEUWISER, W.; AMON, T. Development of a noninvasive respiration rate sensor for cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 690-695, 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14999>
- TUAN, S.-A.; RUSTIA, D. J. A.; HSU, J.-T.; LIN, T.-T. Frequency modulated continuous wave radar-based system for monitoring dairy cow respiration rate. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 196, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106913>
- WANG, M.; SCHNEIDER, L. G.; HUBBARD, K. J.; SMITH, D. R. Cost of bovine respiratory disease in preweaned calves on US beef cow-calf operations (2011–2015). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 253, n. 5, p. 624-631, 2018. <https://doi.org/10.2460/javma.253.5.624>

WARRISS, P. D.; POPE, S. J.; BROWN, S. N.; WILKINS, L. J.; KNOWLES, T. G. Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. **Veterinary Record**, v. 158, n. 10, p. 331-334, 2006. <https://doi.org/10.1136/vr.158.10.331>

WHITE, B. J.; LARSON, B. L. Impact of bovine respiratory disease in US beef cattle. **Animal Health Research Reviews**, v. 21, n. 2, p. 132-134, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1466252320000079>

WU, D.; YIN, X.; JIANG, B.; JIANG, M.; LI, Z.; SONG, H. Detection of the respiratory rate of standing cows by combining the Deeplab V3+ semantic segmentation model with the phase-based video magnification algorithm. **Biosystems Engineering**, v. 192, p. 72-89, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.01.012>

Recebido em 1 de março de 2023

Retornado para ajustes em 5 de maio de 2023

Recebido com ajustes em 7 de maio de 2023

Aceito em 12 de maio de 2023