

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA

ANDRESON DA SILVA ALVES

**PECUÁRIA DE LEITE DE PRECISÃO (PLP): UMA REVISÃO DE LITERATURA**

RIO LARGO

2025

ANDRESON DA SILVA ALVES

**PECUARIA DE LEITE DE PRECISÃO (PLP): UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de curso  
apresentado ao Campus de Engenharias  
e Ciências Agrárias da Universidade  
Federal de Alagoas, como parte do  
requisito para a obtenção do título de

RIO LARGO  
2025

**Catálogo na Fonte Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

A474p Alves, Andreson da Silva.

Pecuária de leite de precisão (PLP): uma revisão de literatura. / Andreson da Silva Alves. – 2025.

42 f.: il.

Orientadora: Sandra Roseli Valerio Lana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Graduação em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Bem-estar. 2. Bovinocultura. 3. Criação. 4. Produção. 5. Tecnologia I. Título.

CDU: 636.2.033: 637.1

# FOLHA DE APROVAÇÃO


AUTOR: ANDRESON DA SILVA ALVES

## PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO (PLP): UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte do requisito para a obtenção do título de bacharel em Zootecnia.


Aprovado em 19 de fevereiro de 2025.

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 SANDRA ROSELI VALERIO LANA  
Data: 16/03/2025 17:59:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dra. Sandra Roseli Valerio Lana (Orientadora)

Documento assinado digitalmente  
 GERALDO ROBERTO QUINTAO LANA  
Data: 16/03/2025 18:11:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Geraldo Roberto Quintão Lana

Documento assinado digitalmente  
 ROMILTON FERREIRA DE BARROS JUNIOR  
Data: 17/03/2025 09:58:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Romilton Ferreira de Barros Junior



## **DEDICO**

Dedico este trabalho ao meu pai, José Rinaldo, a minha mãe, Josineide, a minha irmã Andreza, que sempre estiveram juntos a mim durante todo o processo. Aos meus amigos e todos aqueles que sempre torceram por mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, por sempre me darem suporte e me incentivarem nos momentos em que eu me via em agonia com os montes de trabalhos, provas e seminários para fazer, sempre me lembravam que todo aquele sufoco valeria a pena no futuro. Obrigado por tudo que sempre fizeram por mim, para que eu pudesse ter um o então sonhado diploma de nível superior.

Agradeço à minha irmã Andreza, que sempre se fez presente na minha jornada acadêmica, durante a pandemia quando as coisas apertaram e eu pensei em desistir do curso para tentar algum trabalho, ela não me deixou fazer isso, falava que trabalharia por nós dois se fosse preciso, mas eu não iria sair da faculdade, suas palavras sempre me confortaram, por isso não desisti, para no futuro poder retribuir todo o amor e carinho que ela sempre teve para comigo.

Agradeço aos meus amigos que a universidade me proporcionou conhecer, nossos laços se fortaleceram cada vez mais durante os anos. Então Heloísa Pimentel, Alice Maria, Sarah Ramos, Williams Nascimento, Alice Silva, meu muito obrigado por todos os momentos, vivências e conhecimentos que adquirimos juntos, hoje eu digo com toda a certeza, todos os perrengues valeram a pena e vencemos tudo, juntos!

Agradeço à minha avó Edith Maria (*in memoriam*), sempre foi batalhadora, criou seus cinco filhos em meios alguns perrengues, mas sempre lhes ensinou o caminho certo a se seguir, sua filha Josineide se tornou uma mãe incrível seguindo seus passos, ainda lembro dos nossos bons momentos juntos, o calor do seu abraço, seu cheiro e todo seu amor por mim e minha irmã, mesmo após sua partida eu nunca te esqueci e nunca esqueci seus conselhos sobre estudar, eu os segui e tenho certeza que onde quer que a senhora esteja, eu sou motivo de orgulho pra você.

Agradeço aos meus tios e primos por todo o apoio e incentivo, mesmo faltando algumas festas de família para poder estudar, sempre se mostraram compreensíveis e me apoiavam.

Agradeço à minha professora e também orientadora Sandra Roseli, a quem eu chamava carinhosamente de “mãe Sandra” entre meus amigos, nossos momentos de conversas sempre me faziam bem, obrigado por todas as oportunidades e portas que me abriu durante a graduação, além de uma grande professora que eu tinha como

inspiração, posso dizer que também eu tinha uma amiga para conversar e tomar conselhos.

*São as nossas escolhas, mais do que as nossas capacidades, que mostram quem realmente somos.” (Alvo Dumbledore)*

## RESUMO

A pecuária leiteira de precisão (PLP) investe no uso de tecnologias dentro do setor leiteiro, como tecnologias de comunicação, informação e monitoramento, visando utilizar os recursos com mais eficiência e qualidade, trazendo sempre o bem-estar para o animal, a proteção do meio ambiente, atingir as expectativas sociais e tudo isso sem esquecer o retorno financeiro para o produtor. Essas tecnologias são trazidas para auxiliar o produtor nas suas tomadas de decisões dentro das propriedades, tornando possível o aperfeiçoamento da produção de leite com maior aproveitamento da alimentação, controle climático, controle reprodutivo, ciência de problemas na saúde animal de forma precoce, menor taxa de emissão de gases de efeito estufa e dados importantes para os criadores. Porém, a tecnologia da zootecnia de precisão cria cenários que não possíveis de se ter dentro de sistemas de criação convencionais. A utilização das tecnologias de precisão estão se tornando frequente dentro das propriedades produtoras de leite.

**Palavras-chave:** Bem-estar. Bovinocultura. Criação. Produção. Tecnologia.

## **ABSTRACT**

Precision dairy farming (PDF) invests in the use of technologies within the dairy sector, such as communication, information, and monitoring technologies, aiming to utilize resources more efficiently and with higher quality, always ensuring animal welfare, environmental protection, and meeting social expectations, all while not forgetting the financial return for the producer. These technologies are introduced to assist producers in their decision-making within their farms, making it possible to improve milk production with better feed utilization, climate control, reproductive management, early detection of animal health issues, reduced greenhouse gas emissions, and important data for farmers. However, precision livestock farming creates scenarios that are not achievable within conventional farming systems. The use of precision technologies is becoming more frequent on dairy farms.

**Keywords:** Welfare. Cattle farming. Breeding. Production. Technology.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1. ZOOTECNIA DE PRECISÃO .....	14
2.2. PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO .....	17
2.3. BEM-ESTAR ANIMAL E SUSTENTABILIDADE .....	18
2.4. UTILIZAÇÃO DE SENSORES PARA O MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE FORMA PRECOCE NAS ALTERAÇÕES DE SAÚDE EM BOVINOS DE LEITE .....	22
2.5. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA PRODUÇÃO ANIMAL (TIV) .....	24
2.6. ORDENHA ROBOTIZADA .....	26
2.7. PECUARIÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO E NUTRIÇÃO .....	27
2.8. ZOOTECNIA DE PRECISÃO NA REPRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS ...	32
2.9. PECUARIA LEITEIRA DE PRECISÃO, FATORES QUE INFLUENCIAM NA SUA ADOÇÃO E VISÃO ECÔNOMICA .....	33
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
REFERÊNCIAS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 1532, Martim Afonso de Souza ancorou em São Vicente e desembarcou os primeiros 32 bovinos, dando origem à bovinocultura no Brasil. A primeira imagem que se tem da atividade de ordenha de uma vaca se dá através de uma arte ilustrada pelo historiador “*As raízes leiteiras no Brasil*”, ocorrida em 1641 numa fazenda nas proximidades de Recife (DIAS, 2012).

Por cerca de três séculos a pecuária leiteira permaneceu sem valorização, mas durante a década de 1870 houve uma queda no mercado do café e a partir daí o cenário político brasileiro passou a favorecer a vocação agrária e possibilitou a modernização das fazendas, tornando-se o melhor momento para a evolução da pecuária. Dentro da pecuária bovina, o caracu e o holandês, que são de origem europeia, eram animais predominantes, mas apresentavam certas limitações para se adaptar ao clima tropical do Brasil. Em 1888, com a abolição da escravidão, a pecuária passou a se expandir do Sul ao Nordeste, nos arredores dos grandes centros consumidores. Entretanto, até o ano de 1950 a atividade caminhou lentamente e sem muitos avanços em tecnologia (VILELA et al., 2017).

Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) foi criada no ano de 1967, assim substituindo a antiga Sociedade Rural do Triângulo Mineiro (SRTM), que teve sua fundação três anos antes, favorecendo a ampliação e abrangência dos negócios, ultrapassando pela primeira vez as fronteiras do País (VILELA et al., 2017). De acordo com a ABCZ, são registrados em todo o território brasileiro mais de 600 mil zebuínos por ano, possuindo o maior banco de dados do mundo sobre o zebu, com aproximadamente 12 milhões de animais cadastrados. Através do PMGZ (Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos), é feito o acompanhamento do melhoramento genético de mais de 3.600 rebanhos em todo o país (ABCZ, 2024).

Mesmo sendo significativo, os atuais dados sobre a história da produção leiteira no Brasil nas últimas cinco décadas não são capazes de revelar um fato atual: como se deu o amadurecimento da cadeia produtiva, e quais tendências poderão trazer reflexos positivos futuramente. O setor tem mostrado melhor organização, nos últimos dez anos os agentes da cadeia de produção têm discutido em parceria sobre os desafios e oportunidades, assim dando voz e participação dos produtores nas decisões, sendo em câmaras setoriais de governo ou por meio de representações de

classe. Como resultado se tem a conclusão de que a antiga forma de focar nos problemas de curto prazo passa a ser substituída por uma de longo prazo, que foca na cadeia produtiva de forma estruturada e formula políticas com visão de futuro (VILELA et al., 2017)

A agropecuária tem uma das participações de maior representatividade na economia brasileira. Até mesmo durante as crises e com a queda de 2% em participação na geração de todas as riquezas que foram produzidas dentro dos três primeiros semestres do ano de 2016, a atuação dentro do setor atingiu o valor bruto de R\$516 bilhões na pesquisa mais recente. Em 2015, o Produto Interno Bruto nacional (PIB) teve 23% vindos do setor da agropecuária (BRASIL, 2016).

Possuindo o maior rebanho comercial do mundo, as últimas avaliações indicavam um total maior que 212 milhões de cabeças de gado, alavancando 25% nos últimos 15 anos. No de 2015, a produção chegou a alcançar a marca de 9,2 milhões de toneladas, já a de leite marcou 35,2 bilhões de litros em 2014, fazendo com que o Brasil ficasse na quinta colocação de como maior produtor mundial de leite (BRASIL, 2016). A pecuária com seu cenário robusto assume um papel estratégico dentro da balança comercial e supre a demanda interna de consumo, especialmente no que se refere à exportação de carne para o exterior – com particularidade nos mercados de maior importância, tais como EUA, China, Oriente Médio e União Europeia (MOREIRA, MARIANA; 2018).

Sendo um dos segmentos mais importantes do setor agrícola do Brasil, a produção de leite tem sido uma das principais atividades da economia brasileira, tendo grande efeito na geração e emprego do País. Em 2020 foi feito um levantamento pelo MAPA (Ministério da Agricultura e Meio Ambiente), no ano de 2019 o valor bruto da produção primária de leite alcançava quase R\$35 bilhões. Já dentro da indústria de alimentos, o valor aumentou mais que o dobro, obtendo o faturamento líquido dos laticínios em torno de R\$70,9 bilhões, ficando atrás somente dos setores de derivados de carne e cultivares de café, chá e cereais (ABIA, 2019).

Em 2019 foi registrada uma queda no número de criadores de gado leiteiro e no número de vacas ordenhadas, mas a produção nacional não foi afetada, houve um crescimento de 47%, equivalente a 30 bilhões de litros de leite. A explicação para esse

aumento se dá pelo fato de os produtores estarem buscando inovações tecnológicas para poder maximizar a produção de leite (TEIXEIRA E TOMICH, 2020).

As técnicas que estão em desenvolvimento possuem ligação direta com a Zootecnia de Precisão. E dentro dessas tecnologias está a Zootecnia Leiteira de Precisão (PLP) que foi apontada como “O uso de tecnologias de informação e comunicação para melhor controle de variabilidade dos recursos físicos e animais em escala fina para aperfeiçoar o desempenho econômico, social e ambiental da fazenda leiteira” (BORCHERS E BEWLWY, 2015).

Os objetivos principais da PLP são: analisar qual a dieta mais apropriada para fornecer aos animais, levando em consideração sua categoria, peso e produção de litros de leite; redução dos impactos ambientais por meio da gestão eficiente de recursos; gerenciamento nos processos de produção para elaborar uma sinergia perfeita com a alimentação do gado; aperfeiçoar a saúde animal e melhorar a eficiência da produção (GARCÍA et al., 2020).

Com isso, essa revisão bibliográfica tem como objetivo trazer com mais detalhes quais tecnologias são empregadas na PLP e suas utilidades.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

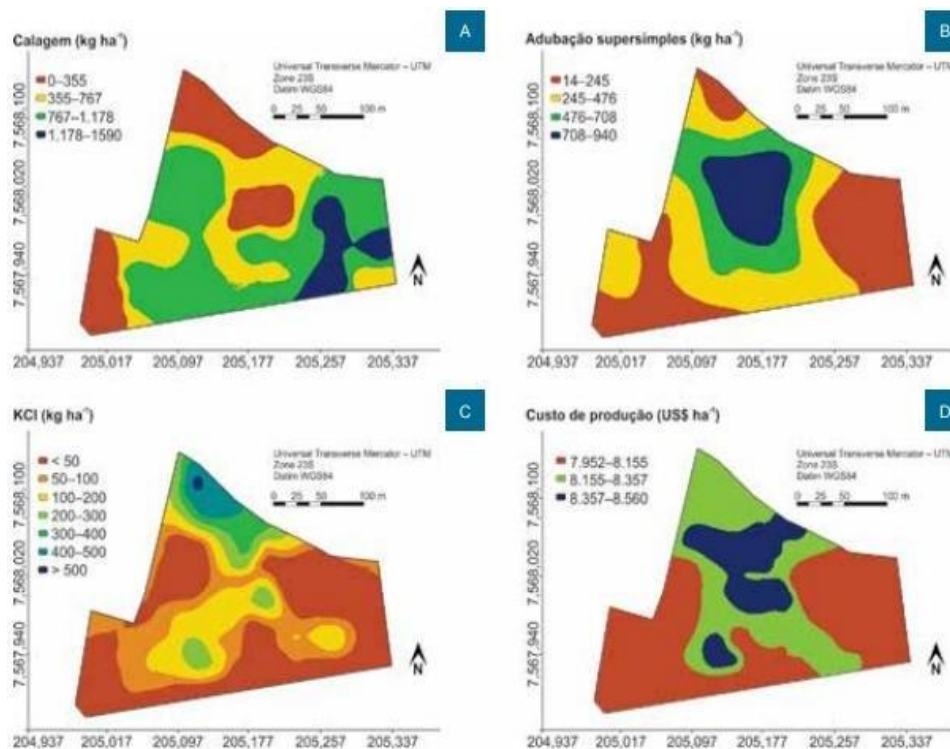
### **2.1. ZOOTECNIA DE PRECISÃO**

Há alguns anos o setor de produção animal e vegetal começou a se transformar e passar por algumas mudanças em diversas áreas de sua ciência e diretamente ligadas a ele. Com as pesquisas de cunho científico avançando, foram desenvolvidas novas ferramentas de planejamento, análise, avaliação e tomada de decisões foram desenvolvidas e passaram a ser as responsáveis pelos avanços no setor de produção (RUTTEN, 2007).

IoT (Internet das Coisas), se tornou um dispositivo muito popular inicialmente dentro do meio agrícola, sendo utilizado com sensores acoplados em implementos agrícolas sendo capazes ter contato com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a utilização de softwares habilitados com ferramentas de georreferenciamento (CAVALCANTI et al., 2015).

Os sistemas de produção estão interligados com a agricultura de precisão, porém, Bernardi et al., (2016) concluíram em uma pesquisa feita dentro de uma pastagem de alfafa irrigada, com 5,3 ha, localizada em São Paulo/SP, que é possível fazer uso da Agricultura de Precisão em sistemas de produção e pecuária com base na utilização das pastagens. Por meio dos resultados das análises químicas do solo que foram georreferenciados, foram produzidos mapas de aplicação de insumos em taxas variáveis, aperfeiçoando o uso de insumos (Figura 1).

Figura 1. Recomendação espacial de calagem (A), adubação com fósforo (B), e potássio (C) para uma pastagem de alfafa e custo de produção (D) para um sistema de produção de leite



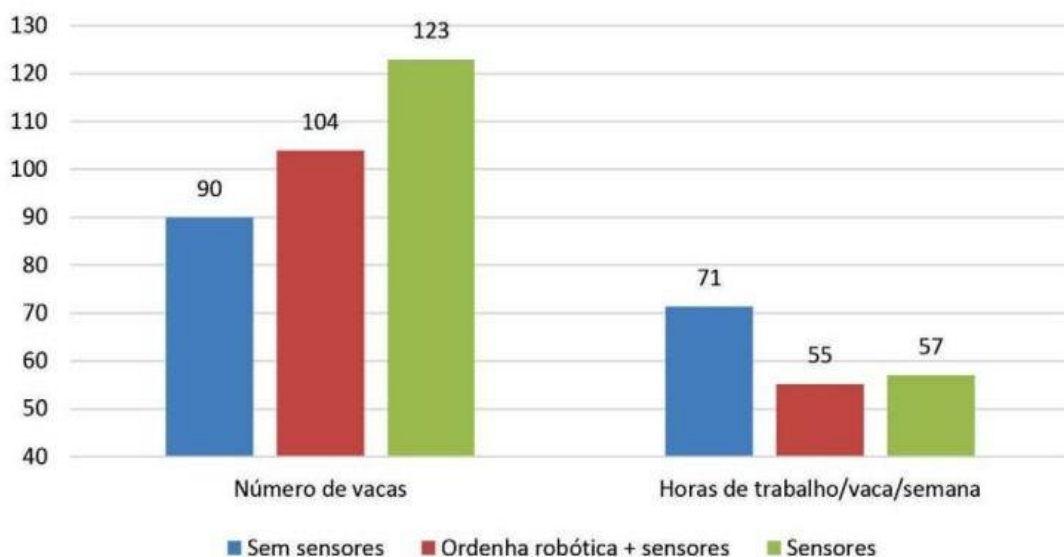
Fonte: adaptado de Bernardi et al. (2016).

Tal como na agricultura, dentro da produção animal também surgiu um novo julgamento na produção de alimentos, a Zootecnia de Precisão. A Zootecnia de precisão pode ser definida como o desenvolvimento de tecnologias capazes de mensurar indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais dos animais, de formas individualizadas, levando em conta suas necessidades específicas, visando o melhoramento da gestão e tomadas de decisões dentro da propriedade, alavancando a rentabilidade da produção (RIBAS et al., 2017).

Sendo um tema em constante progresso, o conceito de Zootecnia de Precisão passou a ser aplicado em diferentes divisões da Zootecnia, tais como Avicultura de Precisão, Suinocultura de Precisão e Bovinocultura de precisão, dentre alguns outros. Passar a existir também, com demanda do mercado, a importância do bem-estar animal, controle de qualidade e rastreabilidade de processos, que são bastante difundidos e que funcionam como modernizadores dos sistemas produtivos, possibilitando a aberturas de novos alcances de comercialização agrícola (SILVA, 2007).

Foram desenvolvidas pesquisas na Holanda, onde analisaram fazendas que optaram pela utilização de algum tipo de tecnologia de precisão e alcançaram uma diminuição em torno 23% das horas trabalhadas por vaca/semana, sendo correlacionado com propriedades que não faziam utilização de sistemas de monitoramento por sensores (Figura 2) (STEENEVELD E HOGVEEN, 2015).

Figura 2. Comparação do número de vacas e do número de horas trabalhadas por vaca/semana nas fazendas que fazem utilização e outras que não utilizam algum tipo de sensor para as vacas.



Fonte: Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n° 79 – dezembro de 2015.

As tecnologias de precisão são projetadas para aprimorar o gerenciamento e as tomadas de decisões dentro das propriedades leiteiras. As tecnologias de precisão fazem utilização dos sistemas de monitoramento por meio de sensores, que medem

diferentes parâmetros individuais dos animais. Por meio dos resultados que os sensores determinam, os dados são interpretados, e as alterações notadas no conjunto de dados, que foram gerados a partir do sensor, indica quais as condições do animal. Portanto, através da conexão gerada pelo sensor, pela análise e pela interpretação dos dados, é considerado indispensável uma tomada de decisão pelo gestor da fazenda ou técnico responsável (PEREIRA et al., 2015).

## **2.2. PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO**

De acordo com Alonso et al. (2020), as indústrias agrícolas e também as de produção de alimentos atualmente vêm enfrentando o desafio de conseguir estabelecer um vínculo de forma permanente entre a segurança do consumidor. O bem-estar animal, o controle de qualidade e a sustentabilidade econômica. Para chegar em excelentes resultados, a implementação da zootecnia de precisão dentro da bovinocultura leiteira foca na inclusão de tecnologias para se alcançar maiores dados, tendendo a ter qualidade no produto final, alavancando a produção e o bem-estar animal.

A PLP consiste em uma tecnologia com potencialidade para modificar a forma de produção de bovinos leiteiros por meio do emprego competente de nutrientes, controle reprodutivo, climático, alerta antecipado de problemas de saúde, redução na emissão de poluentes e abastecimento de informações de grande utilidade para os criadores. No entanto, existem quatro desafios que precisam ser enfrentados pelos desenvolvedores de PLP: tecnologia (sistema de detecção potente e de baixo custo); aplicações pecuárias (alvos e trajetórias para parâmetros a serem analisados); marketing (escala comercial para que os criadores confiem nos fabricantes) e bioética (evitar ser vista pelos consumidores como a tecnologia que incentiva o uso dos animais comprometendo o bem-estar) (WHATES et al., 2008).

Deste modo, o suporte tecnológico ao produtor é uma fase propícia para todos os aspectos que estão relacionados à criação competente e sustentável dos animais, tendo em vista que está cada vez mais complicado gerir um negócio lucrativo. A PLP tem um amplo potencial para dar suporte aos agricultores na criação de animais em condições adequadas, pois, os fazendeiros podem seguir medidas imediatas quando um animal mostrar-se com algum problema e podem fazer utilização do tempo

resolvendo os problemas ao invés de somente controlá-los (BERCKMANS E GUARINO, 2017).

Com o uso de dispositivos como *IoT* (Internet das Coisas) para colheita de dados, é presumível fornecer previsões de produção do leite de cada vaca. Esses resultados são aceitáveis quando correlacionados à produção prevista com a produção real de leite, uma vez que a previsão atinge 95,3% nos testes. Desta forma, os produtores podem esquematizar planos nutricionais diferenciados para vacas específicas (RIGHI et al., 2020).

Tecnologias distintas são utilizadas para medir os parâmetros de condição e produção, compreendendo a utilização de equipamentos como: colares, brincos e faixas de perna. Esses beneficiam também a aquisição de dados comportamentais como, ruminação, alimentação e tempo de descanso (GRINTER et al., 2019). Sendo assim, com a utilização de técnicas de PLP, incide no desenvolvimento do bem-estar dos produtores e trabalhadores, bem-estar animal, benefício ambiental, assim como na produção devido ao uso compensado de insumos e ampliação da eficiência produtiva (LOVARELLI et al., 2020).

O perfil dos produtores que fazem utilização das tecnologias de precisão se distingue por aqueles que fazem uso de sistemas de monitoramento por meio de sensores que são interligados a algum equipamento da propriedade, como sistemas de ordenha robotizados. Já outros fazem o uso de forma definida, optando por investir em sensores para a melhoria de eficiência na gestão da saúde do rebanho (STEENEVELD E HOGEVEEN, 2015).

### **2.3. BEM-ESTAR ANIMAL E SUSTENTABILIDADE**

Os padrões de produção animal variaram substancialmente nas últimas décadas, seguindo as modificações socioeconômicas decorrentes dos processos de urbanização, industrialização e globalização. A tendência crescente por produtos de origem animal na alimentação humana induziu ao desenvolvimento de princípios de criação cada vez mais intensificados, admitindo a obtenção de maior produção de alimentos por unidade de área. Tais processos induziram ao desenvolvimento de sistemas que passaram a ser chamados de “produção industrial” de carne, leite e ovos. Nessas amostras, há uma influência intensa controle das qualidades de

alojamentos, nutrição, rigorosas medidas sanitárias, além da conservação dos animais em altas densidades, levando a escalas de produção amplas e a elevadas demandas por insumos e energia para o seu mantimento. Contudo, tais sistemas têm sido vastamente criticados através do ponto de vista do bem-estar animal, sujeitando a produção a questionamentos eticamente formidáveis em papel dos riscos que impõe aos animais (GODFRAY E GARNET, 2014).

De acordo Lovarelli et al. (2020), a intensificação da atividade leiteira provoca preocupações sociais sobre a segurança alimentar, sustentabilidade, bem-estar animal e aspectos interligados com a saúde animal e humana. A zootecnia de precisão tem resultados positivos sobre o futuro do setor agrícola, já que uma das preocupações fundamentais tem sido o seu desenvolvimento sustentável.

Segundo Tricarico et al. (2020), a PLP pode auxiliar no aumento da produtividade, fortalecer a concorrência econômica e minimizar os impactos ambientais e sociais. Com a elevação da produção e do consumo de leite em países de baixa renda, o melhoramento no suprimento de nutrientes e no estado nutricional das populações vulneráveis é possível.

Sendo a pecuária a responsável por boa parte do impacto ambiental, especialmente a criação animal em sistema intensivo, o manejo de dejetos toma grande relevância, uma vez que os dejetos são responsáveis por uma parte da emissão de gases do efeito estufa (GEE), processos de acidificação e eutrofização e uso de recursos. A PLP tem participação na redução desses problemas já que apresenta recursos de gestão e técnicas para amenizar o impacto ambiental, pois possibilita o melhoramento e a eficiência do sistema, através do uso competente de insumos e direcionamento correto para os dejetos (PROVOLO et al., 2016).

De acordo com Fournel et al. (2017), a PLP tem como principal objetivo monitorar o comportamento, bem-estar e produção animal, trazendo resultados de melhorias dos sistemas de produção sustentáveis e econômicos. Avanços dentro da genética animal, nutrição e práticas de gestão induziram a mudanças consideráveis nas demandas de calos sensível e latente nas criações de gado modernas.

Levando em conta a emissão total da pecuária, o rebanho com a finalidade de produção de carne segue sendo a principal fonte emissora do setor, tendo o gado de corte produzido em 2023 o total de 417,6 MtCO<sub>2</sub>e, e o gado de leite 52,9 MtCO<sub>2</sub>,

com o aumento de 1,7% e redução de 0,3 entre 2022 e 2023 (SEEG, 2024). O maior precursor desse aumento nas emissões de GEE, assim como em 2022, se deu pelo aumento do rebanho bovino. Em 2023 o IBGE novamente registou o rebanho como sendo o maior, com o total de 239,6 milhões de cabeça, contra 234,9 milhões no ano anterior, sendo um aumento de 1,6%. De acordo com o IBGE esse crescimento ocorre por causa da retenção de fêmeas para a produção de bezerras, marcando a reversão de um ciclo de aumento do abate de fêmeas entre 2019 e 2022 (SEEG, 2024).

Múltiplos fatores colaboram para as altas taxas de emissões de GEE pela pecuária brasileira, sendo um deles o tamanho do rebanho nacional, como também os baixos índices de produtividade, a idade do abate (entre 3 a 3,5 anos) e a criação extensiva, com pastagens degradadas e de baixa qualidade, e também por meio do desmatamento de áreas naturais, atribuído à atividade pecuária (MACHADO et al., 2011).

Para compreender os impactos do manejo dos bovinos sobre as emissões de metano entérico pelos mesmos é necessário ter entendimento sobre os aspectos básicos de fisiologia digestiva dos ruminantes. O rúmen se trata de um ambiente anaeróbico, apresentando pH entre 6,0 e 6,5, colonizado por microrganismos como bactérias, fungos e protozoários (ASCHENBACH et al., 2011). Esses microrganismos são responsáveis por realizar a decomposição de matéria vegetal fibrosa, como a celulose e hemicelulose, além do amido em açúcares que, logo em seguida, passam pelo processo de fermentação, dando origem aos ácidos graxos voláteis (ácido acético, propiônico e butírico), os quais são fontes de energia para os ruminantes (PRIMAVESI et al., 2004; SALEEM et al., 2013). Também são formados os dióxidos de carbono e metano, que são excretados, especialmente, através da eructação. A fermentação envolve um processo de oxidação, produzindo cofatores reduzidos (NADH, NADPH e FADH), que são então re-oxidados (NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup> e FAD<sup>+</sup>) através das reações de desidrogenação, liberando hidrogênio no rúmen (RIBEIRO et al., 2015). Esses íons são aproveitados pela microbiota ruminal como fonte de energia para o crescimento, contudo, esse fenômeno leva à formação de metano, representado pela equação química  $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$  (MACHADO et al., 2011).

O emprego de práticas tecnológicas pode cooperar para o aumento da produção leiteira e também reduzir as emissões de GEE. O melhoramento do potencial genético dos animais e a disponibilidade de alimentos de qualidade e prover nutrição balanceada são algumas estratégias promissoras para amenizar o impacto ambiental que é causado pela pecuária. A mitigação das emissões na maioria das vezes se aplica nas principais fontes, tais como a produção de ração e a produção de CH<sub>4</sub>. O CH<sub>4</sub> é produzido no trato gastrointestinal de ruminantes e é responsável por representar a maior fonte de GEE liberado pela pecuária (TRICARICO et al., 2020).

Com o intuito de reduzir a emissão do CH<sub>4</sub>, estratégias nutricionais precisam ser criadas. Com a alteração das dietas, aumentando as concentrações de lipídios e suavizando as fibras, as emissões entéricas de metano de bovinos leiteiros tendem a reduzir, aproximadamente 15,7%, com um aumento concomitante na produção global de leite de 13%. Além disso, a mudança na dieta proporciona a redução do incremento calórico, aprimorando a eficiência de produção e reduzindo o estresse térmico causado aos animais em ambientes de temperatura elevada (CARO et al., 2016).

A infecção da glândula mamária, denominada de mastite, ocasiona grandes perdas na produção de leite, decaindo a qualidade do leite cru, tomadas de decisões para o descarte evitáveis e aumento nos custos de produção acarretando em perdas econômicas para a propriedade. Adiante das implicações econômicas negativas, a mastite eleva as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por litro de leite produzido (BALAINE et al., 2020).

A ocorrência da mastite subclínica nas vacas leiteiras pode acarretar em mudanças na amplitude de intensidade das emissões de GEE e na desenvoltura econômica associada ao aumento da contagem de células somáticas (CCS) correlacionada às mudanças na produção de leite, consumo de ração e taxas de reposição. Quanto maior a CCS maior será a emissão dos gases de efeito estufa (GÜLZARI et al., 2018). De acordo com Wattiaux et al. (2019) a mastite pode aumentar intensamente a emissão de GEE em até 7 – 8%. A intensidade das emissões de GEE tem como base a eficiência do uso de alimentos, uma vez que, vacas em ótimos estados de sanidade são ótimas conversoras de ração, fazendo maior uso de energia para a produção de leite e menos para a manutenção.

## **2.4. UTILIZAÇÃO DE SENSORES PARA O MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE FORMA PRECOCE NAS ALTERAÇÕES DE SAÚDE EM BOVINOS DE LEITE**

A classificação dos sensores pode ser feita em robôs de ordenha de precisão, sistemas de alimentação, sensores de câmera ou visão, sensores de imagem térmica infravermelha, sensor de temperatura, etiquetas, acelerômetro, sensores de movimento, pedômetro

A utilização dos sensores para a saúde animal é uma ferramenta que auxilia na assimilação de diagnósticos de forma antecipada. Podendo ser utilizados em diferentes tipos de monitoramento, tais como da glândula mamária, detecção de distúrbios metabólicos, reprodução e modificações no sistema locomotor (TEIXEIRA et al., 2018).

Os sistemas de monitoramentos por meio de sensores já são utilizados há décadas atrás, para mensurar indicadores de saúde das vacas de forma individual (HOGEVEEN et al., 2015). Atualmente, maior parte dos estudos da pecuária precisão dentro da pecuária leiteira está direcionada à detecção da mastite (25%), fertilidade (33%), problemas de locomoção (33%) e distúrbios metabólicos (16%) (RUTTEN et al., 2013).

Alves; Souza; Rocha (2012) realizaram um estudo no qual foi apontado que em torno de 10% do incremento na produção leiteira no Brasil nos anos derradeiros foi devido à expansão das áreas destinadas para a atividade, e apenas 22% deste crescimento foi interligado ao crescimento do trabalho na atividade, já a adoção de tecnologias contribuiu com 68% do incremento de produção. Steeneveld et al. (2015) desenvolveram uma pesquisa na Holanda onde foi mostrado que em fazendas que optaram por adotar algum método com tecnologia de precisão, puderam obter redução de até 23% das horas trabalhadas por vaca/semana, sendo comparadas com as que não faziam uso de nenhum tipo de sistema de monitoramento por meio de sensores.

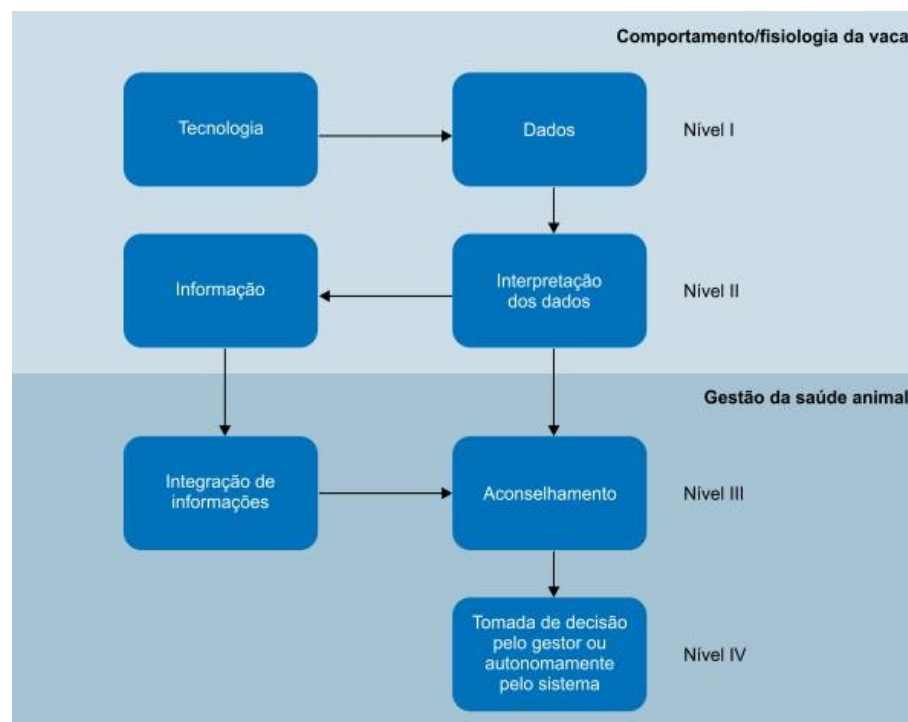
Com o diagnóstico precoce e direcionado é possível eliminar/minimizar efeitos de doenças, obtendo uma redução na taxa de descartes de animais, beneficiando a condição de saúde e redução nos danos econômicos. (VANESSA AMORIM TEIXEIRA et al., 2018).

De acordo com Rutten et al. (2013), os sistemas de sensores possuem um desenvolvimento subdividido em quatro níveis diferentes: (I) tecnologia ou sensor

capaz de medir algum parâmetro da vaca de forma individual (como por exemplo: tempo de ruminção); (II) interpretações das informações que podem resumir quais as mudanças encontradas nos dados do sensor para gerar subsídios sobre o *status* da vaca (tal como: diminuição na ruminção produz alerta sugerindo o deslocamento do abomaso); (III) conexão de informações complementares a outros conhecimentos para que assim seja produzidos sugestões (valor econômico); (IV) o produtor ou o próprio sistema é capaz de tomar a decisão de forma livre (operar ou descartar o animal) (Figura 3).

As variáveis de maior importância que são detectadas pelos sensores em relação a problemas de saúde são: Produção, composição e contagem de células somáticas (CCS) do leite, ruminção, ingestão de alimentos e medidores de atividade dos animais. (RUTTEN et al., 2013).

Figura 3. Níveis de desenvolvimento e utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão de fazenda leiteira.



Fonte: adaptado de Rutten et al. (2013).

## 2.5. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA PRODUÇÃO ANIMAL (TIV)

A termografia infravermelho (TVI) faz a utilização de uma metodologia não invasiva e indireta que são utilizados na medicina veterinária, produção animal e também dentro das pesquisas científicas. Normalmente os métodos utilizados são invasivos e produzem resultados falsos desencadeados por respostas ansiogênicas. Sendo assim, a TVI se torna uma das opções que respeita as condições de bem-estar animal (STEWART et al. 2008; ROBERTO e SOUZA, 2014; ALVES et al., 2016).

A radiação é um método de perda de calor através de raios infravermelhos, envolvendo a transferência de calor de um objeto para o outro sem que haja contato físico. A emissão da pele é um fator importante para determinar a sua atual temperatura e, por meio da avaliação da temperatura superficial, torna-se possível obter conhecimentos sobre o estado físico e saudável dos seres vivos (CHIU et al., 2005; BOUZIDA et al., 2009).

As câmeras térmicas capturam a radiação infravermelha emitida através da superfície, fazendo a conversão em sinais radiométricos e gerando uma imagem térmica que representa a distribuição de temperatura superficial do corpo (INCROPERA e DEWITT, 2008; DIGIACOMO et al., 2014). Na imagem do termograma cada cor é responsável por expressar uma faixa de temperatura específica, relacionada à escala definida (EDDY et al., 2001; LUDWING, 2013). As informações obtidas por meio de digitalização são processadas por computador, proporcionando análise detalhada do campo de temperatura (DA CRUZ JUNIOR, 2011).

Com o uso da termografia é possível avaliar o impacto dos fatores ambientais e pode direcionar a tomada de decisão, promovendo a saúde e o bem-estar animal, além do seu meio diagnóstico clínico e subclínico de forma eficiente, possibilitando o entendimento do prognóstico na biomedicina (ROBERTO e SOUZA, 2014).

Pode ser feito o diagnóstico da mastite subclínica com a utilização da termografia infravermelha, onde a câmera identifica mudanças de temperatura de determinada área examinada do animal e as registra em imagens infravermelhas (termogramas), refletindo a temperatura da superfície cutânea em tempo real. A radiação térmica produzida pelo animal tem ligação com a perfusão de sanguínea, sendo registrada pela câmera termográfica (CHACUR et al., 2016).

Estudos realizados com bovinos, indicaram que a TVI pode detectar alterações térmicas antes dos sinais clínicos (SCHAEFER et al., 2004), permitindo também a identificação de lesões de pele (POIKALAINEN et al., 2012), doença respiratória bovina (SCHAEFER et al., 2012), estresse térmico em vacas lactantes (DALTRO et al., 2017), diarreia neonatal de bezerro (LOWE et al., 2016) e doença respiratória em bezerros (SCHAEFER et al., 2007; SCHAEFER et al., 2011). Outras pesquisas vêm investigando a termografia como solução não invasiva para a detecção de mastite (BERRY et al., 2003; POLAT et al., 2010).

Pezeshki et al., (2011) apontaram um aumento de 2 a 3 graus Celsius na temperatura de superfície do úbere de vacas em lactação após a inoculação de *Escherchia coli*. Martis et al. (2013) e Bastos et al., (2015) relataram diagnóstico de mastite subclínica, fazendo utilização da tecnologia de termografia é semelhante ao uso de CMT (*California Mastitis Test*), e também chegaram à conclusão de que a temperatura na pele do úbere durante o pico de lactação é maior, isso ocorre por causa da mudança no metabolismo especificamente nessa região (STELLETTA et al., 2012).

Dentre as vantagens encontradas nessa técnica se encontra o fato de não haver necessidade de contenção do animal, ou a utilização de sedativos, nem é preciso contato físico direto já que o termograma é capturado à distância, gerando menor alteração fisiológica e maior confiabilidade dos dados produzidos, e ainda é um equipamento leve, portátil e de fácil manuseio (GODYN et al., 2013).

É preciso levar em conta alguns fatores para que essa técnica seja realizada com total eficiência, como cuidado com as condições climáticas para termografias à radiação solar, ou condições de alta umidade, precipitação e vento; que pode acarretar na perda de calor por convecção; ou quando as superfícies visualizadas não estiverem limpas; tais fatores podem alterar os valores de emissividade e condutividade e assim modificar os valores das temperaturas (MCMANUS et al., 2016; DALTRO et al., 2017). A distância entre o objeto de captura de imagem e o termógrafo deve ser intra e inter avaliações; o animal deve ser mantido em repouso nos momentos que antecedem a aferição da temperatura (NOGUEIRA et al., 2013) e o animal deve estar acostumado com o ambiente e com o examinador (SILVA et al., 2014).

## 2.6. ORDENHA ROBOTIZADA

A ordenha robotizada é estimada como uma tecnologia relativamente nova, que vem sendo abraçada por alguns produtores de leite de forma crescente, quando em 1992 os primeiros modelos sistemas comerciais começaram a aparecer (BACH E CABRERA, 2017). Em 2011, De Koning apontou que de 1992 até o ano de 2011, um pouco mais de 10 mil ordenhas robotizadas foram instaladas em propriedades por todo o mundo, e em 2015 chegando a atingir 25 mil fazendas leiteiras que possuíam ordenhas robotizadas (STEENEVELD et al., 2015).

Tendo o primeiro protótipo experimental desenvolvido pelo engenheiro agrônomo Karl Rabold, na Alemanha em 1980. O primeiro objetivo era substituir a mão de obra, que na época era escassa. Por se tratar de um sistema autônomo, ele depende de alguns fatores como o comportamento das e da administração das atividades dentro das fazendas (KETELAAR-DE LAUWERE et al., 1996).

O sucesso das ordenhas robotizadas se deram principalmente pelo fato da melhoria trazidas para as fazendas leiteiras, como na qualidade do trabalho e estilo de vida dos proprietários. O número de fazendas que realizam a ordenha de forma automática tem aumentado nas duas últimas décadas. Em 2000 eram em torno de 1250 fazendas, no fim de 2010 esse número ultrapassava 10 mil de fazendas mercantis que utilizavam um ou mais sistemas de ordenha automática no mundo (HOGENBOOM et al., 2019).

No Brasil, em 2012 foi instalada e feita a operação da primeira ordenha robotizada, na cidade de Castro/PR. No ano de 2015, cerca de dez unidades robóticas estavam em operação em dez fazendas brasileiras (PAIVA et al., 2015).

Dentro do sistema de ordenha automático, as vacas são atraídas para a baía de ordenha com alimento concentrado. Após entrarem, os braços robotizados são responsáveis pela higienização e estimulação dos tetos e ordenhar o úbere. Levando em consideração as etiquetas de identificação individual de cada animal, o robô faz as adaptações necessárias para realizar a ordenha de acordo com as características morfológicas de cada vaca (altura do animal, tamanho do úbere, formato e angulação do teto), tempo desde a ordenha anterior e as condições de sanidade, sem a necessidade da intervenção do homem (figura 4) (HANSEN et al., 2020).

Figura 3. Níveis de desenvolvimento e utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão de fazenda leiteira.



Fonte: Teixeira et al. (2020).

Tse et al. (2017), descreve em pesquisas que 80% dos produtores que fazem utilização da ordenha robotizada relatam maior facilidade na detecção de doenças. Os robôs fornecem uma grande quantidade de informações de forma individual de cada animal (peso da vaca, relatos de temperaturas, relatório sobre a saúde o úbere, dados sobre a ordenha, relatórios de atividade e ruminação).

Em ordenhas automatizadas é possível realizar detectar a mastite sem a necessidade de um exame visual realizado pelo ordenhador. Além do mais, ordenha robotizada ameniza o alastramento de infecção intramamária entre os tetos de uma vaca e diminui a ordenha excessiva. Durante o período de adaptação é comum que os rebanhos apresentem um número maior de CCS (Contagens de Células Somáticas), causado pela migração do estilo de ordenha, com o decorrer dos meses esse número tende a diminuir (HOVINEN E PYORALA, 2011).

Com isso, a necessidade de exploração para melhorias das pastagens, eficácia no trabalho e uso de robôs nas propriedades que fazem uso de ordenha automática se tonam necessárias. Evoluir a eficiência nesses ramos tende a melhorar a produtividade e a lucratividade desses tipos de sistema, eventualmente, alavanca o interesse na tecnologia (GARGUILO et al., 2018).

## **2.7. PECUARIÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO E NUTRIÇÃO**

Como requisito, a exercício da nutrição de precisão requer a noção exata das exigências nutricionais das diversas categorias de animais, como também a distinção particularizada do valor nutritivo de cada um dos alimentos disponíveis, possibilitando

o balanceamento de dietas, levando em consideração a viabilidade técnica, econômica e ambiental (TOMICH et al., 2015).

No ano de 1980, no Brasil se iniciou a busca para se determinar as exigências nutricionais de bovinos de corte. Contudo, apenas em 2006 se tornou pública a primeira tabela de exigências nutricionais para bovinos de corte (VALADARES FILHO et al., 2006), denominada de Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos – BR – CORTE. Em 2010 uma segunda edição foi divulgada (VALADARES FILHO et al., 2010), o que significou um avanço de grande importância para as pesquisas direcionadas à produção de bovinos de corte no Brasil (TOMICH et al., 2015).

Com o intuito de situar normas e modelos locais na alimentação de bovinos leiteiros, ao decorrer dos anos 2000, um grupo liderado pelo professor Noberto Rodríguez no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte, Minas Gerais, fizeram a instalação primeiro laboratório de calorimetria animal da América Latina (TOMICH, THIERRY et al., 2015).

Uma vaca leiteira de alta produção necessita de uma dieta que forneça os nutrientes indispensáveis para uma produção de leite. Para suprir todas as necessidades nutricionais de uma vaca de alta produção, a nutrição de qualidade deve ser feita desde o tempo de bezerra e novilha. Os nutrientes exigidos pela vaca em estado de lactação para a produção de leite e seus demais componentes são carboidratos, aminoácidos, gorduras, ácidos graxos essenciais, minerais, vitaminas e água (LU et al., 2015).

Azevedo et al., (2015) apontam que a utilização de mecanismos como colostrômetro e refratômetro de BRIX, possibilitam a estimativa da qualidade do colostro, da transferência de imunidade passiva para os bezerros, a quantidade de sólidos totais da dieta líquida, sendo ferramentas que podem ajudar na fase de cria e recria e produzir uma melhor saúde e produtividade do rebanho (Figura 5).

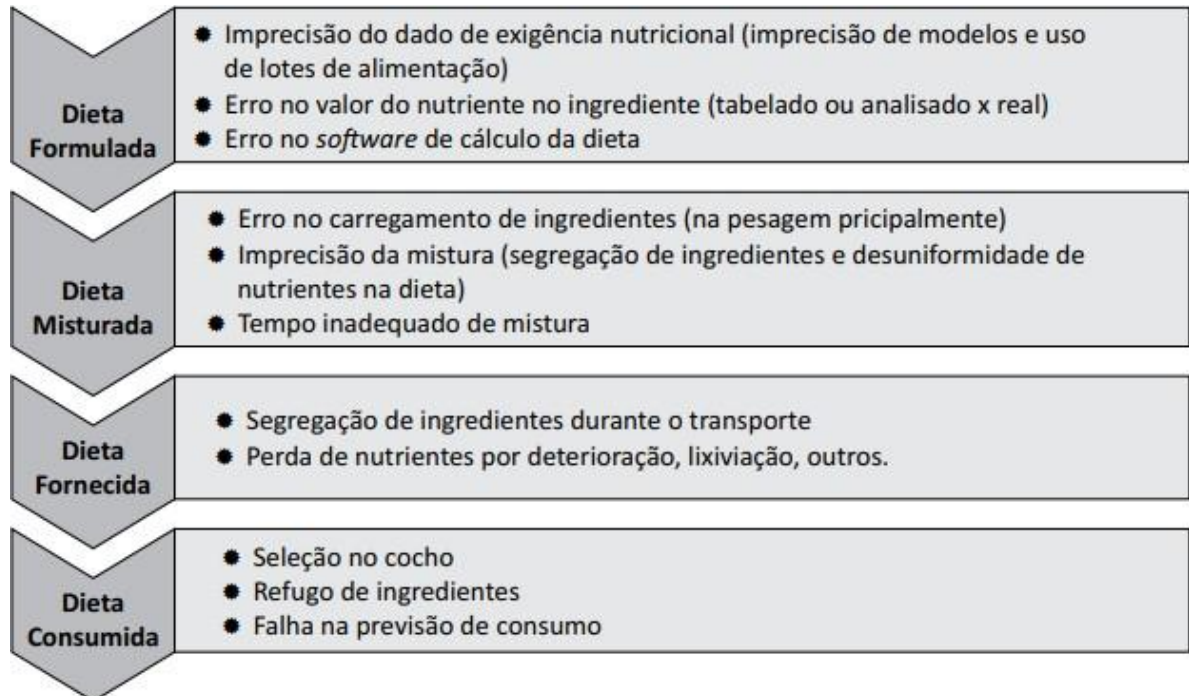
Figura 5. Imagem A colostrômetro, imagem B modelo de refratômetro do tipo Brix óptico.



Fonte: Azevedo et al. (2015).

Levando em conta que os nutrientes da formulação de ração não são precisamente os mesmos da dieta consumida e que os modelos de exigências não são inteiramente precisos, existem pontos no fluxo do processo de alimentação dos animais que podem ser associados às falhas de precisão na nutrição (Figura 6) (TOMICH et al., 2015).

Figura 6. Fluxo do processo de alimentação e exemplos que podem determinar falha na precisão para atendimento das exigências nutricionais.



Fonte: Tomich et al. (2015).

Para aperfeiçoar a precisão da nutrição é preciso se aproximar ao máximo o valor nutritivo utilizado na formulação da ração, em comparativo ao valor nutritivo real do alimento que irá ser componente da dieta fornecida. É recomendado realizar análises dos alimentos utilizados sempre que possível, ao invés de fazer utilização dos dados tabelados. A técnica de Espectroscopia de Infravermelho Próximo (Near Infrared Reflectance Spectroscopy – NIRS) para análises dos alimentos pode poupar trabalho e menos tempo para o processamento da amostra e execução da análise. Os sistemas que empregam analisador NIRS portáteis na propriedade necessitam da amostragem dos alimentos como atividade exclusiva ou processar a análise dos alimentos de forma automática em pontos particulares da linha de produção da ração (Figura 7) (TOMICH et al., 2015).

Figura 7. Analisador NIRS acoplado a equipamentos de manejos de alimentos.



Fonte: Tomich et al. (2015).

Os benefícios do uso da técnica NIRS frente às análises que aplicam artifícios químicos e biológicos compreendem em não requerer reagentes nem gerar resíduos com potencialidade poluente, não destruir a amostra e permitir várias análises numa mesma amostra, gerar múltiplos dados analíticos em procedimento único, demandar menos trabalho e tempo para processamento da amostra e para a execução da análise (TOMICH et al., 2015).

De acordo com White e Capper (2014), outro fator que pode contribuir para a nutrição de precisão é a frequência de formulação das dietas. Em sua pesquisa, apontam que a produção de leite pode ser elevada em até 182kg de leite/vaca/lactação, caso as dietas sejam formuladas e reajustadas semanalmente. Além disso, observam que a frequência de formulação de dietas de modo sazonal,

que é aquela efetivada em intervalos de tempo maiores, como a cada 6 ou 12 meses, não é recomendada, tendo em vista que não atendem com exatidão as solicitações nutricionais dos animais. Contudo, os autores indicam que as dietas sejam formuladas mensalmente, visto que suprem as exigências dos animais com maior eficiência e se enquadram de melhor na logística da propriedade.

A alimentação de precisão também traz para o produtor redução nos custos de alimentação e menor produção de resíduos. O crescimento é direcionado a 0,8 kg/dia atendendo a todas as necessidades da novilha pós-desmama. Ao decorrer do período, a proteína bruta é definida em 14% e 15% para as novilhas, já a energia metabolizável varia de 3,01 Mcal/Kg a 2,84 Mcal/Kg de consumo à medida que a novilha cresce. A fibra de detergente neutro (FDN) varia de 23% a 35% e todos minerais e vitaminas são semelhantes aos requisitos do NRC (ERICKSON E KALSCHUR, 2020).

Outro fator que beneficia a utilização da nutrição de precisão é a redução de fósforo por meio da alimentação. O fósforo (P) é um elemento de alto custo e que precisa ser bem utilizado para evitar perdas. Fazendo a utilização do sistema *Cornell net*, as concentrações fecais de fósforo podem reduzir em até 33%. A Produção de leite não sofre pela baixa concentração de P nas dietas. As reduções absolutas de P aumentam com o passar da idade da vaca, cerca de 25 a 40 g/dia por animal (CEROSALETTI et al., 2004).

*Cornell net* é um sistema capaz de estimar as necessidades do gado leiteiro e o fornecimento de nutrientes para situações específicas do local. Por meio desse sistema, as necessidades de energia e proteína são previstas através do peso corporal, taxa de ganho de peso, composição química do ganho de peso final. O modelo é previsto através de equações simples para crescimento, necessidade de proteína metabolizável, requisitos de prenhez lactação, e manutenção e reservas corporais (TYLUTKI et al., 2008).

De acordo com Erickson e Kalscheur (2020), fornece uma dieta consistente com base em seu desempenho, em conjunto de um habitat confortável e abastecimento de água, será resultante de uma conversão mais eficiente da ração em leite. Aprimorando também a utilização de nutrientes, diminuindo o desperdício e ajudando a manter uma produção de leite no setor agrícola sustentável.

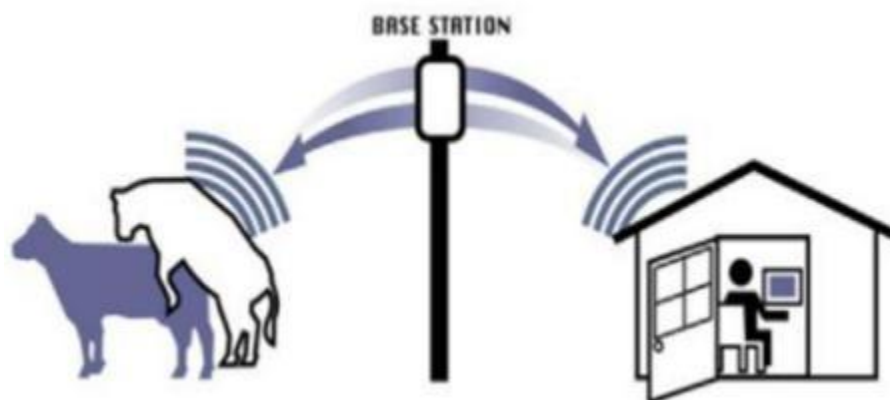
## 2.8. ZOOTECNIA DE PRECISÃO NA REPRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS

A eficiência reprodutiva impacta de maneira econômica a produção de leite, por modificar a proporção de vacas em lactação no rebanho alterar a média de dias em lactação do rebanho. O impacto é a redução na produção diária de leite e aumento dos valores associados com o manejo reprodutivo, tais como assistência técnica e uso de medicamentos e hormônios. Perante essa importância, o manejo reprodutivo deve ser feito de modo criterioso, com a realização de exames ginecológicos. A partir de informações individuais, tratamentos ou indicações de manejo podem ser geradas de modo a atender as necessidades de cada animal. Esse manejo individualizado possibilita a aplicação o conceito de pecuária de precisão (CARVALHO et al., 2015).

No mercado é possível encontrar dois tipos de dispositivos que são capazes de detectar o cio, um utiliza sensores de pressão que são capazes de registrar a monta sofrida pela vaca no cio, no caso do HeatWatch®, o outro faz uso de sensores que avaliam a atividade do animal (CARVALHO et al., 2015).

O sistema Heatwatch é baseado em um mini transmissor de rádio, acomodado dentro de uma estrutura plástica, que é acionado pelo peso exercido pela monta de outra vaca, tendo essa monta uma duração maior que dois segundos. Cada ativação do dispositivo produz uma transmissão por meio de ondas de rádio até uma antena de recepção e a partir daí enviada para um computador com os dados do animal e detalhes como data, hora e duração da monta para a ativação do sensor e identificar se de fato a vaca está no cio (Figura 8.) (CARVALHO et al., 2015).

Figura 8. Sensor Heatwatch®.



Esse sistema apresenta como desvantagem o seu curto alcance de transmissão, 400 metros. O que limita o seu uso em vacas que são criadas à pasto, e a detecção do cio apenas em montas que durem mais que dois segundos. A eficiência desse sistema é maior que 85%, com uma acuraria elevada, já que faz uso dos comportamentos característicos do cio, que está ligado com o momento da ovulação (CHAINT-DIZIER e CHAISTANT-MAILARD, 2012; STEVENSON, 2014).

Dentre os dispositivos desenvolvidos para o monitoramento de aumento da atividade física e a manifestação do cio, os mais comuns são: os pedômetros, com os sensores que permite a contagem do número de passos por unidade de tempo; acelerômetros conjugados em pedômetros ou colares, que medem a aceleração e direção do movimento e sensores de ruminação colocados em colares, que mensuram o tempo de ruminação (AZEVEDO et al., 2015).

Correlacionando a eficácia de um pedômetro com a do acelerômetro, o pedômetro para a identificação de estro se apresenta menos sensível (63%) e sua precisão (73%) em comparação com a sensibilidade de 77% e precisão de 92% mostradas pelo acelerômetro montado na perna de vacas leiteiras (HOLMAN et al., 2014).

Em outra pesquisa utilizando acelerômetros (montados no pescoço e pernas) e sensores de localização interna obteve-se aumento no desempenho de detecção de parto e estro em gados leiteiros. Enquanto o sensor utilizado para a detecção, sensores de localização obtiveram melhor desempenho (precisão de 73-77% e sensibilidade de 57-58%), seguido pelo acelerômetro montado na perna (precisão de 67-77% e sensibilidade de 54-55%) e o acelerômetro montado no pescoço (precisão de 50-53% e sensibilidade de 47-48%) (BENAÏSSA et al., 2020).

## **2.9. PECUARIA LEITEIRA DE PRECISÃO, FATORES QUE INFLUENCIAM NA SUA ADOÇÃO E VISÃO ECÔNOMICA**

Escolher entre o sistema de criação convencional e a pecuária de precisão abrange diversos fatores. Existe uma relação direta entre a adoção da utilização de robôs e sistemas automatizados com os ganhos de produtividade, sobretudo por serem tecnologias de grande investimento de capital e redutoras de mão de obra.

Socialmente falando, essas tecnologias ainda são mal vistas por tomarem alguns postos de trabalho. Mas levando em consideração todo o avanço e aumento expansivo das fazendas leiteiras no Brasil e em todo o mundo, a mão de obra no campo se torna escassa e de alto custo, então adotar a pecuária de precisão significa redução de custos no longo prazo (FERREIRA et al., 2015).

Como em toda tecnologia que requer grande investimento de capital, o que além a adoção da pecuária de precisão é o alto investimento inicial, o que mais impede o avanço dos produtores é a visão de curto prazo e a falta de capital para o investimento inicial. O capital utilizado para a aquisição de maquinários e os subsídios a investimentos são alguns dos pontos que estão entre as demais variáveis de mais relevância (BANHAZI et al., 2012).

Para se tomar a decisão de adotar ou não a pecuária de precisão, as características dos produtores também são levadas em conta. A baixa familiaridade com computadores, idade e grau de escolaridade são fatores que influenciam na tomada de decisão (BEWLEY, 2010).

De forma comum, as decisões para investir em tecnologias específicas são tomadas a partir recomendações, consultorias ou até mesmo pela intuição do produtor. Sendo necessário realizar uma análise de retorno mais específica sobre o investimento. São utilizados questionários em estudos econômicos para assim avaliar o ponto de vista do produtor. Através desses estudos é capaz de identificar quais os principais desafios e as dificuldades na adoção da pecuária de precisão, por meio de visitas as propriedades e entrevistas feitas com os proprietários, em alguns casos os funcionários das fazendas também podem fazer parte das entrevistas. Em casos assim as entrevistas podem ser feitas em períodos diferentes, como antes, durante ou até mesmo depois da adoção das tecnologias. Após os resultados das pesquisas, os questionários são analisados por estatística descritiva e vista como estudos de casos (FERREIRA et al., 2015).

Estudos econômicos em PLP também procuram avaliar a viabilidade dos investimentos. Dentro dessa categoria ganham destaque as análises de viabilidade econômico-financeira que possibilitam fazer a estimativa do desempenho financeiro das fazendas e das tecnologias adotadas, apontando quais são ou não viáveis economicamente. (FERREIRA et al., 2015).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pecuária de precisão é uma metodologia que abrange a gestão e produção, fazendo uso de tecnologias modernas que auxiliam no monitoramento e otimizam os aspectos produtivos de leite. Visando o aumento da eficiência produtiva, a sustentabilidade e viabilidade econômica das propriedades produtoras de leite.

Com os avanços tecnológicos dentro das propriedades leiteiras se torna possível ter uma produção feita com qualidade, melhor utilização dos recursos, manter o bem-estar e a saúde dos animais, gerar menos impacto ao meio ambiente e ter a confiabilidade do consumidor.

Mesmo tendo um elevado custo, os produtores têm se mostrado cada vez mais adeptos da utilização da Pecuária Leiteira de Precisão, o investimento tecnológico e de formações dos produtores gera rentabilidade no futuro de médio e longo prazo, mas mantém interesse do produtor por apostar novas tecnologias que possibilitarão os avanços em suas fazendas.

## REFERÊNCIAS

- ABIA. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. **Números do Setor – Faturamento**, 2019. Disponível em: Acesso em: 12/10/2024.
- ALONSO, R.S.; SITTÓN-CANDANEDO, I.; GARCÍA, Ó.; PRIETO, J. An intelligent Edge-IoT platform for monitoring livestock and crops in a dairy farming scenario. **Ad Hoc Networks**, v. 98, p. 102047, 2020.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade da agricultura. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, p. 45-63, 2012.
- ALVES, M. B. R.; DE ANDRADE, A. F. C.; DE ARRUDA, R. P.; BATISSACO, L.; FLOREZ-RODRIGUEZ, S. A.; OLIVEIRA, B. M.; TORRES, M. A.; LANÇONI, R.; RAVAGNANI, G. M.; PRADO FILHO, R. R.; VELLONE, V. S.; LOSANO, J. D.; FRANCI, C. R.; NICHI, M.; CELEGHINI, E. C. Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. **Theriogenology**, v. 86, p. 795-805, 2016.
- ASCHENBACH, J. R. et al. Ruminant nutrition symposium: role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of animal science**, v. 89, n. 4, p. 1092-1107, 2011.
- AZEVEDO, R.A.; COELHO, S.G.; SILPER, B.F.; MACHADO, F.S.; CAMPOS, M.M. **Cria e recria de precisão**. In: Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia. n. 79, p. 110, 2015.
- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.
- BALAINÉ, L. DILLON, E.J.; LAPPLE, D. LYNCH. J. Can technology help achieve sustainable intensification? Evidence from milk recording on Irish dairy farms. **Land Use Policy**, v. 92, p. 104437, 2020.
- BANHAZI, T.M.; LEHR, H.; BLACK, J.L.; CRABTREE, H.; SCHOFIELD, P.; TSCHARKE, M.; BERCKMANS, D. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. **Int J Agr & Biol Eng**. V. 5, n.3, 2012.
- BASTOS, G. P.; CHACUR, M. G. M.; VIVIAN, D. S.; SILVA, L.; CHIARI, L. N. F.; ARAUJO, J. S.; SOUZA, C. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Temperaturas da superfície da glândula mamária em vacas da raça Holandesa negativas ao California Mastitis Test (CMT). In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. **Anais...**, Belo Horizonte, v.21, p.51, 2015.
- BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Precision livestock farming for the global livestock sector. **Animal Frontiers**, p. 7, n.1, p. 4-5, 2017.
- BERNARDI, A.C.C.; BETTIOL, G.M.; FERREIRA, R.P.; SANTOS, K.E.L.; RABELLO, 42 L.M.; INAMASU, R.Y. **Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil**. Precision Agriculture, v. 17, p. 737-752, 2016.
- BENAISSA, S.; TUYTTENS, F.A.M.; PLETS, D.; TROGH, J.; MARTENS, L.;

VANDAELE, L.; JOSEPH, W.; SONCK, B. Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 168, n. 105153, p. 1-10, 2020

BERRY, R. J.; KENNEDY, A. D.; SCOTT S. L.; KYLE, B. L.; SCHAEFER, A. L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 4, p. 687-93, 2003.

BEWLEY, J. **Precision dairy farming: Advanced analysis solutions for future profitability**. In: Proceedings of the first North American conference on precision dairy management, Toronto, Canada, p. 2-5, 2010.

BORCHERS, M.R.; BEWLEY, J.M. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 6, p. 4198–4205, 2015.

BOUZIDA N.; BENDADA A.; MALDAGUE X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 3, p. 120-126, 2009.

CARO, D.; KEBREAB, E.; MITLOEHNER, F.M. Mitigation of enteric methane emissions from global livestock systems through nutrition strategies. **Climatic Change**, v. 137, n. 3–4, p. 467–480, 2016.

CARVALHO, B.C.; PIRES, M.F.A.; ARBEX, W.; SANTOS, G.B. **Uso de tecnologias de precisão na reprodução de bovinos leiteiros**. In: Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, p. 29, 2015.

CAVALCANTI, L.F.L.; RIBAS, MN.; PEREIRA, L.G.R. Processamento de dados e suporte para tomada de decisão na pecuária leiteira de precisão. In: **Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 79, p. 86, 2015.

CEROSALETTI, P.E.; FOX, D.G.; CHASE, L.E. Phosphorus Reduction Through Precision Feeding of Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 7, 2004.

CHACUR, M.G.M.; BASTOS, G.P.; VIVIAN, D.S.; SILVA, L.; CHIARI, N.F.; ARAUJO, J.S.; SOUSA, 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, n.1412. 2016.

CHAIANT-DIZIER, M. E CHAISTANT-MAILARD, S. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. **Reprod. Dom. Anim.**, v. 47, p. 1056-1061, 2012.

CHIU W. T.; LIN P. W.; CHIOU H. Y.; LEE, W. S. YANG, Y. Y.; LEE, H. M.; HSIEH, M. S.; HU, C. J.; HO, Y. S.; DENG, W. P.; HSU, C. Y. Infrared thermography to mass-screen suspected SARS patients with fever. **Asia Pacific Journal of Public Health**, v. 17, n. 1, p. 26–28, 2005.

DA CRUZ JÚNIOR, C. A. **Tolerância ao calor em ovinos reprodutores criados no Distrito Federal**. 2011. 99 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília, Brasília.

DALTRO, D. D. S.; FISCHER, V.; ALFONZO, E. P. M.; DALCIN, V. C.; STUMPF, M.

T.; KOLLING, G. J.; SILVA, M. V. G. B.; MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n.5, p. 374-383, 2017.

DE ALMEIDA BRAINER, Mônica Maria et al. Pecuária leiteira de precisão.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

DIAS, J. C. **As raízes leiteiras do Brasil**. 11<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Barleus, 2012. 167 p.

DIGIACOMO, K. L.; MARETT, L. C.; WALES, W. J.; HAYES, B. J.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J. Thermoregulatory differences in lactating dairy cattle classed as efficient or inefficient based on residual feed intake. **Animal Production Science**, v. 54, n. 10, p.1877-1881, 2014.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

ERICKSON, P.S.; KALSCHEUR, K.F. **Nutrition and feeding of dairy cattle**. Animal Agriculture, p.157-180, 2020.

FERREIRA, F.C.; SIQUEIRA, K.B.; PEREIRA, L.G.R. **A pecuária leiteira de precisão sob a ótica econômica**. In: **Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite**. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, p. 141. 2015.

FOURNEL, S.; ROUSSEAU, A.N.; LABERGE, B. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. **Biosystems Engineering**, v. 155, p. 96–123, 2017.

GARCÍA, R.; AGUILAR, J.; TORO, M.; PINTO, A.; RODRÍGUEZ, P.A. systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.179, n.105826, 2020.

GARGIULO, J.I.; EASTWOOD, C.R.; GARCIA, S.C.; LYONS, N.A. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.6, p.5466–5473, 2018.

GODFRAY, H.C.J.; GARNETT, T. 2014. Food security and sustainable intensification. **Philosophical Transactions of the Royal Society** 369 (20120273), 1-10

GODYN, D.; HERBUR, E.; WALCZAK, J. Infrared thermography as a method for evaluating the welfare of animals subjected to invasive procedures - a Review. **Annals Animals. Science**, v. 13, p. 423-434, 2013.

GONÇALVES, L. C. et al. Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros. **Embrapa Gado de Leite**, 2018.

GÜLZARI, Ş.Ö.; VOSOUGH AHMADI, B.; STOTT, A.W. Impact of subclinical mastitis

on greenhouse gas emissions intensity and profitability of dairy cows in Norway. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 150, n. October 2017, p. 19–29, 2018.

HANSEN, B.G.; BUGGEM C.T.; SKIBREK, P.K. Automatic milking systems and farmer wellbeing-exploring the effects of automation and digitalization in dairy farming. **Journal of rural studies**, 2020.

HOGENBOOM, J.A.; PELLEGRINO, L.; SANDRUCCI, A.; ROSI, V.; D'INCECCO, D. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p.7640-7654, 2019.

HOLMAN, A.; THOMPSON, J.; ROUTLY, J.E.; CAMERON, J.; JONES, D.N.; GROVEWHITE, D.; DOBSON, H. **Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle**. *Veterinary Record*, v.169, n.2, p.47–47, 2014.

HOVINEN, M.; PYORALA, S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 547-562, 2011.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 2008. 643 f. Rio de Janeiro: LTC.

KETELAAR-DE LAUWERE C. C.; DEVIR, S.; METZ, J. H. M. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 49, n. 2, p. 199-211, 1996.

LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; GUARINO, M.A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? **Journal of cleaner production**, v. 262, p. 1–13, 2020.

LOWE, G. L.; SCHAEFER, A. L.; WAAS, J. R.; WILSON, M. T.; SUTHERLAND, M. A.; STEWART, M. **Brief communication**: The use of infrared thermography and feeding behaviour for early disease detection in New Zealand dairy calves. p. 177–179 in Proc. N.Z. Society Animal Production, Adelaide, Australia, 2016.

LU, Y.; VANDEHAAR, M.J.; SPURLOCK, D.M.; WEIGEL, K.A.; ARMENTANO, L.E.; STAPLES, C.R.; TEMPELMAN, R.J. **An alternative approach to modeling genetic merit of feed efficiency in dairy cattle**. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n.9, p.6535–6551.

LUDWIG, N. Thermal imaging in biological applications. In: LUZI, F.; MITCHELL, M.; NANNI COSTA, L.; REDAELLI, V. (Ed.). **Thermography**: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia Foundation, p.27-40, 2013.

MACHADO, F. S. et al. Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. **Embrapa gado de leite. Documento**, v. 14 2011.

MAGALHÃES, K.A.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; et al. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 155, p.44-54, 2010.

MARTINS, R. F. S.; PAIM, T.; DALLAGO, S. L. B.; MELO, C. B.; LOUVANDINI, H.;

MCMANUS, C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 94, n. 3, p.722-724, 2013.

MCMANUS, C.; CANDICE, B.; 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 JUNIOR, J. B. G. Infrared thermography in animal production: an overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p.10–16, 2016.

MOREIRA, Mariana Aparecida Guimarães. BOVINOS LEITEIROS: ASPECTOS HISTÓRICOS DA PRODUÇÃO. 2018.

NOGUEIRA, F. R. B.; SOUZA, B. B.; CARVALHO, M. G. X.; JUNIOR GARINO, F.; MARQUES, A. V. M. S.; LEITE, R. F. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 35, n. 3, p. 289-297, 2013.

PAIVA, C.A.V.; PEREIRA, L.G.R.; TOMICH, TR.; POSSAS, F.P. **Sistema de ordenha automático**. In: Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, p. 41-53. 2015.

PEREIRA, L. G. R.; PAIVA, C. A. V.; RIBAS, M. N.; FERREIRA, A. L. Pecuária leiteira de precisão: conceitos e tecnologias disponíveis. In: **Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 79, p. 10, 2015.

PEZESHKI, A.; STORDEUR, P.; WALLEMACQ, H.; SCHYNTS, F.; STEVENS, M.; BOUTET, P.; PEELMAN, L. J.; DE SPIEGELEER, B.; DUCHATEAU, L.; BUREAU, F.; BURVENICH, C. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. **Veterinary Research**, v. 42, n. 15, p.15, 2011.

POIKLAINEN, V.; PRAKS, J.; VEERMAE, I.; KOKIN, E. Infrared temperature patterns of cows body as an indicator for health control at precision cattle farming. **Agronomy Research**, v. 1, p. 187-194, 2012.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L. E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 93, n. 8, p. 3525–3532, 2010.

PRIMAVESI, ODO et al. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, p. 277-283, 2004.

PROVOLO, G.; FINZI, A.; PERAZZOLO, F.; MATTACHINI, G.; RIVA, E. Effect of a Biological Additive on Nitrogen Losses from Pig Slurry during Storage. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, n. 4, p. 1460–1465, 2016.

REKANT, S. I.; LYONS, M. A.; PACHECO, J. M.; RODRIGUEZ, L. L. Veterinary applications of infrared thermography. **American Journal of Veterinary Research**, v. 77, n. 1, p.98-107, 2016.

RIBAS, M.N.; CALVALCANTE, L. F. L.; MACHADO, F. S.; PAIVA, C. A. V.; PEREIRA, L. G. R. **Pecuária de Precisão: Uso de tecnologias para apoio à tomada de**

**decisão.** In: ZOOTEC, Santos, São Paulo, 2017.

RIGHI, R.R.; GOLDSCHIMIDT, G.; KUNST,R.; DEON, C.; COSTA, C.A. Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, p. 105156, 2020.

RUTTEN, C. J.; VELTHUIS, A. G.; STEENEVELD, W.; HOGVEEN, H. Invited review: sensors to support health management on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 4, p. 1928-52, 2013.

ROBERTO, J. V. B.; DE SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, p. 73-84, 2014.

SALEEM, Fozia et al. The bovine ruminal fluid metabolome. **Metabolomics**, v. 9, p. 360-378, 2013.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; BENCH, C.; CHABOT, J. B.; COLYN, J.; LIU, T.; OKINE, E. K.; STEWART, M.; WEBSTER, J. R. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 93, n. 2, p.928-935, 2011.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; CHURCH, J. S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A. K. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Veterinary Science**, v. 83, n. 3, p.376-384, 2007.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; TESSARO, S. V.; DEREGT, D.; DESROCHES, G.; DUBESKI, P. L.; TONG, A. K. W.; GODSON, D. L. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 73-80, 2004.

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa). 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>. Acesso em: 05/10/2024.

SILVA, E. M. N. Avaliação da adaptabilidade de caprinos leiteiros com auxílio da precisão termográfica no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 36, n. 2, p. 231-237, 2014.

SILVA, I. J. O. **Contribuições à Zootecnia de Precisão na Produção Industrial de Aves e Suínos no Brasil.** Texto de Concurso de Livre Docência na Especialidade Construções Rurais. Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba/SP, 2007. Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/admin/modSite/arquivos/imagens/1ae30de3de0e4dab22a267e0d47f74f5.pdf>. Acesso em: 03/06/2021

SILVA, REBECA RIBEIRO et al. Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas. **Embrapa Gado de Leite**, 2018.

STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGVEEN, H. **Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction.** J. Dairy Sci., v.98, p.3896–3905, 2015.

STELLETTA, C.; GIANESELLA, M.; VENCATO, J.; FIORE, E.; MORGANTE, M.

- Thermographic applications in veterinary medicine.** 2012. Infrared thermography.
- STEWART, M.; STAFFORD, K. J.; DOWLING, S. K.; SCHAEFER, A. L.; WEBSTER, J. R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. **Psychology Behavioral**, v. 93, n. 4-5, p.789-797, 2008.
- TEIXEIRA, V.A.; TOMICH, T.R.; LANA, Â.M.Q.; COELHO, S.G.; GONÇALVES, L.C.; CAMPOS, M.M.; MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R. **Pecuária leiteira de precisão: uso de sensores para monitoramento e detecção precoce de alterações na saúde de bovinos leiteiros.** Embrapa Gado de Leite, 2018.
- TEIXEIRA, V.A.; NETO, H.C.D.; LOMBARDI, M.C.; COELHO, S.G. **Adoção de ferramentas de precisão na pecuária leiteira.** IDEAGRI, 2020. Disponível em: <https://ideagri.com.br>. Acesso em: 26/11/2024.
- TOMICH, T. R. MACHADO, F. S. PEREIRA, G. R. P. CAMPOS, M. S. **Nutrição de precisão na pecuária leiteira. In: Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite.** Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, p. 54-72. 2015.
- TRICARICO, J. M.; KEBREAB, E.; WATTIAUX, M. A. MILK Symposium review: Sustainability of dairy production and consumption in low-income countries with emphasis on productivity and environmental impact. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 11, p. 9791–9802, 2020.
- TSE, C.; BARKEMA, H.W.; DEVRIES, T.J.; RUSHEN, J.; PAJOR, E.A. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2404-2414, 2017.
- TYLUTKI, T.R.; FOX, D.G.; DURBAL, V.M.; TEDESCHI, L. O.; RUSSELL, J.B.; AMBURGH, M.E.V.; OVERTON, T.R.; CLASE, L.E.; PELL, A.N. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, n. 1-4, p. 174-202, 2008.
- VILELA, Duarte (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos.** Embrapa, 2016.
- VILELA, Duarte et al. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de política agrícola**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017.
- WATTIAUX, M.A.; UDDIN, M.E.; LETELIER, P.; JACKSON, R.D.; LARSON, R.A. Emission and mitigation of greenhouse gases from dairy farms: The cow, the manure, and the field. **Applied Animal Science**, v. 35, n. 2, p. 238–254, 2019.
- WHITE, R.R.; CAPPER, J.L. **Precision diet formulation to improve performance and profitability across various climates: Modeling the implications of increasing the formulation frequency of dairy cattle diets.** Journal of Dairy Science, v. 97, n. 3, p. 1563- 1577, 2014.
- WHATES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M.; BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 64, p. 2–10, 2008.