

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS CERES**  
**BACHARELADO EM ZOOTECNIA**  
**LUIZ FERNANDO FERNANDES DA SILVA**

**PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO**

**CERES – GO**

**2021**

**LUIZ FERNANDO FERNANDES DA SILVA**

**PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO**

Trabalho de curso apresentado ao curso Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Zootecnia, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica Maria de Almeida Brainer.

**CERES – GO**

**2021**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

dSI586 da Silva, Luiz Fernando Fernandes  
p Pecuária Leiteira de Precisão / Luiz Fernando  
Fernandes da Silva; orientadora Mônica Maria de  
Almeida Brainer. -- Ceres, 2021.  
47 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2021.

1. Bem estar animal. 2. Impacto ambiental. 3.  
Produção de leite. 4. Tecnologia. I. Brainer, Mônica  
Maria de Almeida, orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Luiz Fernando Fernandes da Silva  
Matrícula: 2016103201810321  
Título do Trabalho: ZOOTECNIA DE PRECISÃO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres \_\_\_\_\_, 07 / 07 / 2021  
Local Data

*Luiz Fernando Fernandes da Silva*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*Mônica de A. Brainer*

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) vinte e cinco dia(s) do mês de junho do ano de dois mil e vinte e um realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) LUIZ FERNANDO FERNANDES DA SILVA, do Curso de BACHARELADO EM ZOOTECNIA, matrícula 2016103201810321, cujo título é "PECUÁRIA LEITEIRA DE PRECISÃO". A defesa iniciou-se às 14 horas finalizando-se às 15 horas e 20 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,33 no trabalho escrito, média 8,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final de 8,2 pontos, estando o(a) estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

*(Assinado Eletronicamente)*

MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER

*(Assinado Eletronicamente)*

OSCAR LOPES DE FARIA JÚNIOR

*(Assinado Eletronicamente)*

ALAN SOARES MACHADO

Documento assinado eletronicamente por:

- Oscar Lopes de Faria Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/06/2021 15:50:32.
- Alan Soares Machado, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/06/2021 15:49:02.
- Monica Maria de Almeida Brainer, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/06/2021 15:46:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 284592

Código de Autenticação: 607900a7c1



Dedico a todos aqueles que, com perseverança, contribuíram para essa caminhada. Meus pais. Meu irmão. Minha esposa. Meus professores e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades a mim concedidas.

À minha família por todo apoio e incentivo.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer por aceitar conduzir este trabalho de pesquisa. Obrigado por sempre estar presente para indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Aos professores da banca examinadora Prof. Dr. Oscar Lopes de Faria Júnior e Prof. Dr. Alan Soares Machado que se prontificaram a contribuir com este trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Ceres por me proporcionar um ensino de qualidade e a expansão de meus horizontes.

“O trabalho, dignifica o homem, a sua história e a sua geração. A sua história e a sua geração serão sempre traçadas pelo seu caráter e sua dedicação...” (SILVA, 2007).



## RESUMO

A pecuária leiteira de precisão (PLP) é definida como o uso de tecnologias de informação e comunicação para melhor controle da variabilidade dos recursos físicos e animais em escala fina para aperfeiçoar o desempenho econômico, social e ambiental da fazenda leiteira. Portanto, propõe-se uma revisão bibliográfica sobre o assunto, abordando os principais métodos utilizados na pecuária leiteira de precisão. Essas tecnologias são desenvolvidas para melhorar o gerenciamento e tomada de decisão dentro das propriedades, com potencial para transformar a produção leiteira por meio da utilização eficiente de nutrientes, controle reprodutivo, climático, alerta precoce de problemas de saúde, redução da emissão de poluentes e fornecimento de informações úteis para os criadores. Contudo, a zootecnia de precisão cria possibilidades de controles e intervenções que são impossíveis dentro de sistemas tradicionais de produção. Graças a implantação de novas tecnologias é possível melhorar a qualidade dos produtos, rastreabilidade, eficiência do uso de recursos, bem estar animal e redução do impacto ambiental, gerando maior confiança ao consumidor.

**Palavras-chave:** Bem estar animal. Impacto ambiental. Produção de leite. Tecnologia.

## **ABSTRACT**

Precision dairy cattle is defined as the use of information and communication technologies to better control the variability of physical and animal resources on a fine scale to improve the economic, social and environmental performance of the dairy farm. Therefore, a bibliographic review on the subject is proposed, addressing the main methods used in precision dairy cattle. These technologies are developed to improve management and decision-making within properties, with the potential to transform dairy production through efficient use of nutrients, reproductive control, climate, early warning of health problems, reduction of pollutant emissions and provision of useful information to breeders. However, precision animal science creates possibilities for controls and interventions that are impossible within traditional production systems. Thanks to the implementation of new technologies, it is possible to improve the quality of products, traceability, efficiency of the use of resources, animal welfare and reduction of environmental impact, generating greater consumer confidence.

**Keywords:** Animal welfare. Environmental impact. Milk production. Technology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Recomendação espacial da 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.....	17
Figura 2. Utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão de fazenda leiteira.....	18
Figura 3. Exemplos de dispositivos e parâmetros avaliados na Pecuária Leiteira de Precisão.....	20
Figura 4. Relação entre CCS e a temperatura da superfície da pele do úbere (USST) de quartos determinados por termografia infravermelha .....	22
Figura 5. Esquema do efeito da PLP sobre a redução da emissão de GEE e amônia no ar, nitratos e antibióticos na água, fósforo, antibióticos e metais pesados no solo.....	24
Figura 6. Simulação do processo de captura, processo, análise e notificações. ....	25
Figura 7. Variáveis monitoradas por meio de sensores.....	26
Figura 8. Diagrama do fluxo de dados e informações desde o processamento de dados coletados automaticamente à tomada de decisão pelo produtor e/ou equipe .....	28
Figura 9. Ordenha robótica.....	29
Figura 10. Imagem A colostrômetro, imagem B modelo de refratômetro do tipo Brix óptico. ....	31
Figura 11. Fluxo do processo de alimentação e exemplos que podem determinar falha na precisão para atendimento das exigências nutricionais.....	32
Figura 12. Analisador NIRS acoplado a equipamentos de manejos de alimentos	33
Figura 13. Sensor sensor HeatWatch®.....	35

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1 Agricultura e Zootecnia de Precisão .....	16
2.2 Pecuária leiteira de precisão .....	18
2.3 Bem estar animal e sustentabilidade .....	20
2.4 Sensores de monitoramento do rebanho.....	24
2.5 Software de gerenciamento de fazendas leiteiras .....	27
2.6 Ordenha robotizada.....	29
2.7 Nutrição de precisão.....	31
2.8 Zootecnia de precisão na reprodução .....	34
2.9 Fatores que afetam a adoção da Pecuária Leiteira de Precisão .....	35
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de leite é um importante segmento do setor agrícola do Brasil. É uma das principais atividades econômicas do país, com forte efeito na geração de emprego e renda. De acordo com levantamento de dados realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), em 2019 o valor bruto da produção primária de leite atingiu quase R\$ 35 bilhões. Enquanto que, na indústria de alimentos, esse valor mais do que duplicou, com o faturamento líquido dos laticínios atingindo R\$ 70,9 bilhões, atrás apenas dos setores de derivados de carne e beneficiados de café, chá e cereais (ABIA, 2019).

O país ainda possui um grande potencial a ser explorado, principalmente em termos de ganhos de produtividade, de modo a se tornar também um dos principais líderes do mercado global de leite e derivados (ROCHA et al., 2020).

No ano de 2019 houve uma redução do número de criadores de gado leiteiro e do número de vacas ordenhadas, porém a produção nacional de leite cresceu 47% (30 bilhões de litros). A explicação para esse fato é que os produtores estão buscando novas técnicas para maximizar a produção leiteira (TEIXEIRA E TOMICH, 2020).

Essas técnicas que estão sendo desenvolvidas estão vinculadas à Zootecnia de Precisão. Dentre elas a pecuária leiteira de precisão (PLP) que foi definida como “o uso de tecnologias de informação e comunicação para melhor controle da variabilidade dos recursos físicos e animais em escala fina para aperfeiçoar o desempenho econômico, social e ambiental da fazenda leiteira” (BORCHERS E BEWLEY, 2015).

Sendo assim, os principais objetivos da PLP são: identificar a dieta mais adequada que será fornecida aos animais de acordo com categoria, peso e produção de litros de leite; reduzir o impacto ambiental através da gestão eficiente de recursos; gerenciar os processos produtivos para fazer uma sinergia perfeita com a alimentação do gado; garantir a segurança alimentar por meio da rastreabilidade dos produtos, assim como, melhorar a saúde animal e a eficiência da produção (GARCÍA et al., 2020).

Para alcançar os objetivos necessários na PLP realiza-se, através da tecnologia, o monitoramento de parâmetros zootécnicos como: produção diária de leite, composição

do leite, temperatura interna e externa, ganho de peso corporal diário, monitores automáticos de detecção de estro, bem-estar e comportamento geral das vacas (BORCHERS E BEWLEY, 2015). Além disso, a PLP está concentrada em monitorar grupos de vacas em que é dada atenção intensiva às vacas individualmente, tendo como objetivo o aproveitamento do potencial individual e facilitando também o diagnóstico precoce de doenças. Assim, ao cumprir os diversos requisitos para a implantação dessas tecnologias em uma propriedade, um papel central será atribuído ao processo de gestão da informação, em particular, à gestão de dados (MAHONY et al., 2019).

Devido à importância da adoção de novas tecnologias de precisão em virtude do atual cenário da bovinocultura leiteira, propõe-se com este trabalho uma revisão bibliográfica sobre o assunto abordando os principais métodos utilizados na pecuária leiteira de precisão, os desafios na sua implantação e os impactos gerados na cadeia produtiva.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Agricultura e Zootecnia de Precisão

Nos últimos anos, o setor produtivo animal e vegetal passou por grandes modificações em todas as áreas do conhecimento a ele ligadas. Com o avanço das pesquisas científicas, novas ferramentas de planejamento, de análise, de execução, avaliação e tomada de decisões foram criadas e se tornaram as principais responsáveis pelas mudanças desse setor (SILVA, 2007).

A utilização de dispositivos como “internet das coisas” se tornou popular primeiramente no meio agrícola, com o uso de sensores acoplados em implementos agrícolas capazes de se comunicar com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a implementação de softwares habilitados com ferramentas de georreferenciamento (CAVALCANTI et al., 2015).

Desde que a agricultura existe, sempre houve motivos para se diferenciar os tratamentos culturais, pois a variabilidade espacial e temporal presente nas lavouras acarretam em baixa produtividade (MOLIN et al., 2015). Em busca de diminuir ou erradicar as perdas localizadas, aplicar racionalmente os insumos, aperfeiçoar os recursos naturais e elevar a produtividade agrícola, a partir da década de 80 com o avanço tecnológico tornou-se possível a ideia de Agricultura de Precisão. Os Estados Unidos da América (EUA) e Europa foram os pioneiros a utilizar práticas agrícolas de precisão (SILVA, 2007).

No Brasil, as primeiras atividades ligadas à Agricultura de Precisão, ocorreram em meados da década de 1990, primeiramente com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras equipadas com monitor de produtividade de grãos e máquinas de aplicação de fertilizantes em taxas variáveis. A partir dos anos 2000, surgiram as primeiras máquinas aplicadoras brasileiras para taxas variáveis de granulados e pós, equipadas com controladores importados e, nos anos seguintes com os primeiros controladores nacionais (MOLIN et al., 2015).

A Agricultura de Precisão está difundida nos sistemas de produção de culturas anuais, entretanto Bernadi et al. (2016) confirmaram em trabalho conduzido em uma pastagem irrigada de alfafa de 5,3 ha em São Paulo/SP, que é possível o uso da Agricultura de Precisão em sistemas de produção pecuária com base no uso de pastagens. A partir de resultados de análise química do solo georreferenciadas, foram elaborados mapas de aplicação de insumos em taxas variáveis, otimizando o uso de insumos (Figura 1).

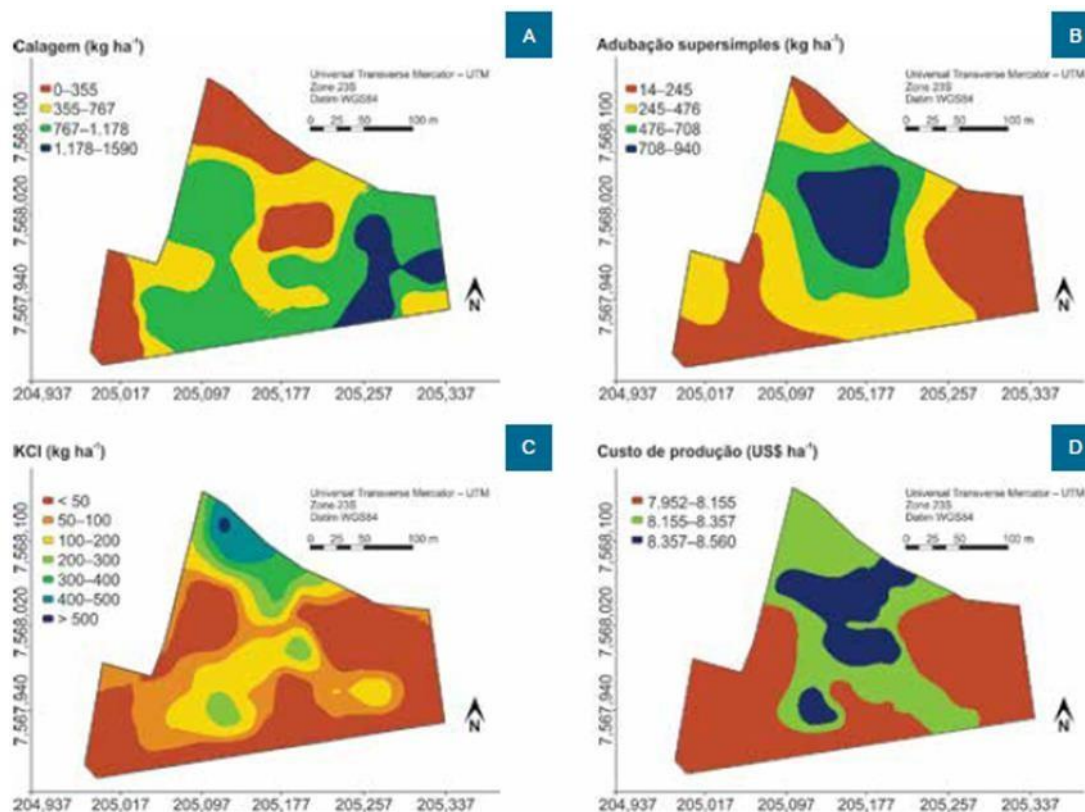


Figura 1. Recomendação espacial da calagem (A), adubação com fósforo (B) e potássio (C) para uma pastagem de alfafa e custo de produção (D) para um sistema de produção de leite.

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

Assim como na agricultura, na produção animal surgiu um novo conceito 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 forma individualizada, de acordo com suas necessidades específicas, com o objetivo de melhorar a gestão e decisões dentro da propriedade aumentando a rentabilidade da produção (RIBAS et al., 2017).

Com o avanço da temática, o conceito de Zootecnia de Precisão foi aplicado em diferentes ramos da Zootecnia, como Avicultura de Precisão, Suinocultura de Precisão e Bovinocultura de Precisão, dentre outros. Surgem também, como demanda do mercado, os conceitos de bem-estar animal, controle de qualidade e rastreabilidade de processos, que são bastante difundidos e que funcionam como modernizadores dos sistemas produtivos, permitindo abrir novas fronteiras de comercialização agrícola (SILVA, 2007).

As tecnologias de precisão são desenvolvidas para melhorar o gerenciamento e tomada de decisão dentro das propriedades leiteiras. Essas tecnologias utilizam sistemas de monitoramento através de sensores, que mensuram diferentes parâmetros



individuais dos animais. A partir dos resultados que os sensores geram, os dados são interpretados, e as alterações observadas no conjunto de dados, gerados pelo sensor indica a condição do animal. Assim, através da integração gerada pelo sensor e pela análise e interpretação de dados, faz-se necessária uma tomada de decisão pelo gestor da fazenda ou técnico responsável (Figura 2) (PEREIRA et al., 2015).

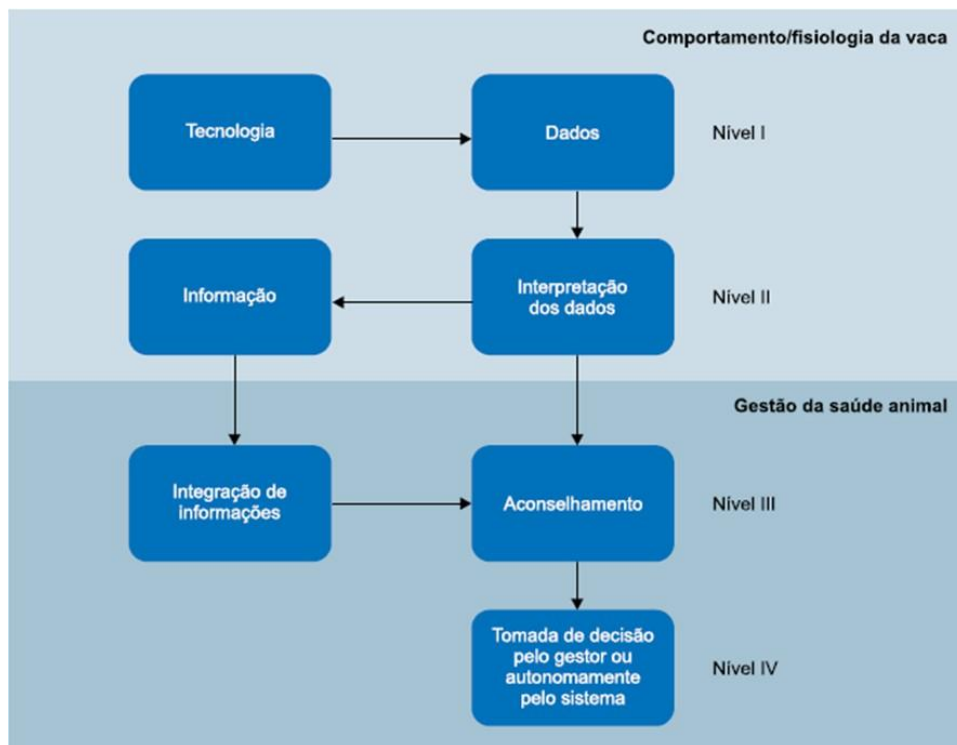


Figura 2. Utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão de fazenda leiteira.

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

## 2.2 Pecuária leiteira de precisão

Atualmente, as indústrias agrícolas e de produção de alimentos, enfrentam o desafio de estabelecer um vínculo permanente entre a segurança do consumidor, o bem estar animal, controle de qualidade e sustentabilidade econômica. Para obtenção desses resultados, a implantação do conceito da zootecnia de precisão na bovinocultura leiteira, concentra-se na inclusão da tecnologia para obtenção de maiores dados, visando à qualidade do produto final, aumento de produção e bem estar dos animais (ALONSO et al., 2020).

Assim, o apoio tecnológico ao produtor rural é uma etapa promissora para todos os aspectos relacionados à criação eficiente e sustentável dos animais, visto que está cada vez mais difícil gerir um negócio lucrativo. A PLP tem grande potencial para apoiar os

agricultores na criação de animais em boas condições, pois, os fazendeiros podem adotar medidas imediatas quando um animal apresentar algum problema e podem usar o tempo resolvendo os problemas em vez de apenas controlá-los (BERCKMANS E GUARINO, 2017).

A Pecuária Leiteira de Precisão (PLP) é uma tecnologia com potencial para transformar a produção de bovinos leiteiros por meio da utilização eficiente de nutrientes, controle reprodutivo, climático, alerta precoce de problemas de saúde, redução da emissão de poluentes e fornecimento de informações úteis para os criadores. No entanto, existem quatro desafios a serem enfrentados pelos desenvolvedores de PLP: tecnologia (sistemas de detecção robustos e de baixo custo); aplicações pecuárias (alvos e trajetórias para os 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).

Com a utilização de dispositivos como *IoT* (Internet das coisas) para coleta de dados, é possível fornecer previsões de produção de leite de cada vaca. Esses resultados são satisfatórios quando comparado à produção prevista com a produção real de leite, uma vez que a predição de precisão alcança 95,3% nos testes. Desta forma, os produtores podem traçar planos nutricionais individualizados para vacas específicas (RIGHI et al., 2020).

Outras tecnologias são utilizadas para mensurar os parâmetros de qualidade e produção, incluindo o uso de equipamentos como: coleiras, brincos e faixas de perna. Esses favorecem também a obtenção de dados comportamentais como, ruminação, alimentação e tempo de descanso. Na implantação de coleiras, quando comparada com observações visuais é possível verificar que a precisão dos dados é superior. Dados registrados pela coleira são mais precisos, obtendo um coeficiente de correlação alto ( $>0,70$ ). Avaliar esses parâmetros comportamentais pode ser uma tarefa cansativa, onde os produtores demonstram pouca satisfação em realizar (GRINTER et al., 2019).

Portanto, com a utilização de técnicas PLP, ocorre melhora no bem estar dos produtores e trabalhadores, bem estar animal, benefício ambiental, bem como na produção devido ao uso equilibrado de insumos e aumento da eficiência produtiva (Figura 3) (LOVARELLI et al., 2020).

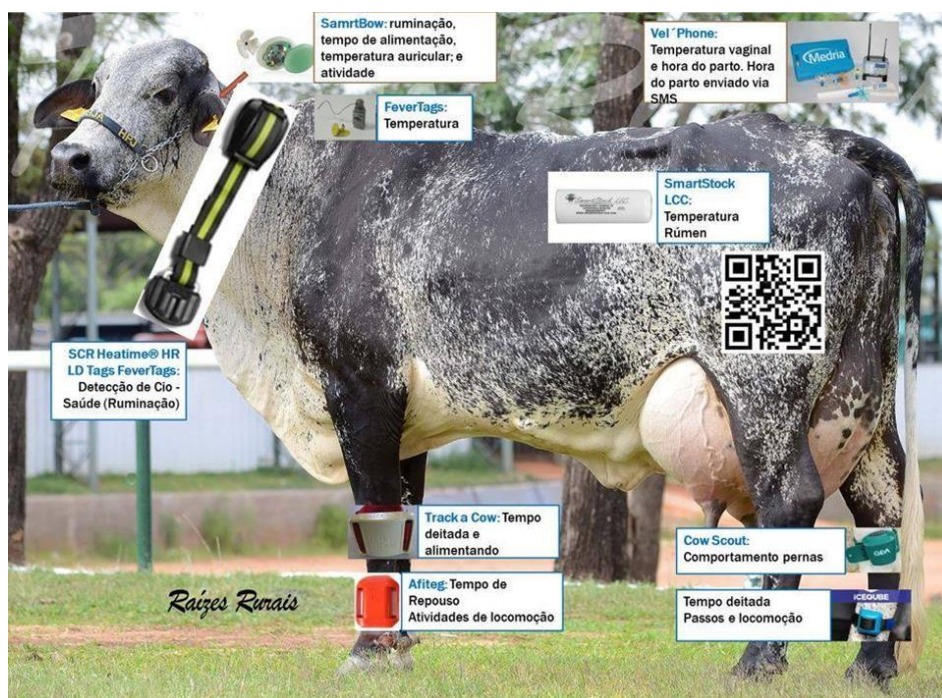


Figura 3. Exemplos de dispositivos e parâmetros avaliados na Pecuária Leiteira de Precisão.

Fonte: Pereira (2016).

### 2.3 Bem estar animal e sustentabilidade

A intensificação da atividade leiteira implica em preocupações sociais sobre a segurança alimentar, sustentabilidade, bem estar animal e aspectos relacionados com a saúde animal e humana. A zootecnia de precisão tem efeitos positivos sobre o futuro do setor agrícola, pois, uma das principais preocupações tem sido o seu desenvolvimento sustentável (LOVARELLI et al., 2020).

Segundo Tricarico et al. (2020), a PLP pode ajudar a aumentar a produtividade, fortalecer a competitividade econômica e reduzir impactos ambientais e sociais. Com o aumento da produção e do consumo de leite em países de baixa renda torna-se possível melhorar o suprimento de nutrientes e o estado nutricional de populações vulneráveis. Os alimentos lácteos fornecem nutrientes essenciais para a saúde, incluindo proteínas, vitaminas e minerais importantíssimos para um bom estado nutricional.

O principal objetivo da PLP está relacionado com o monitoramento do comportamento, bem estar e produção animal, resultando na melhoria dos sistemas de produção sustentáveis e econômicos. Os avanços na genética animal, nutrição e práticas de gestão levaram a mudanças consideráveis nas cargas de calor sensível e latente de criações de gado modernas (FOURNEL et al., 2017).

Tendo em vista que a pecuária é responsável por grande parte do impacto ambiental, principalmente a criação animal em sistema intensivo, o manejo de dejetos assume grande relevância, pois 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 participa na redução desses problemas porque apresenta soluções de gestão e técnicas para reduzir o impacto ambiental, pois permite melhorar a eficiência do sistema, por meio do uso eficiente de insumos e destino correto para os dejetos (PROVOLO et al., 2016).

O uso de práticas tecnológicas pode contribuir para o aumento da produção de leite e reduzir as emissões de GEE. Melhorar o potencial genético dos animais e a disponibilidade de alimentos de qualidade e fornecer nutrição balanceada são estratégias promissoras para reduzir o impacto ambiental causado pela pecuária. A mitigação das emissões geralmente se concentra nas principais fontes, como a produção de ração e a produção de metano entérico ( $\text{CH}_4$ ). O  $\text{CH}_4$  é produzido no trato gastrointestinal de ruminantes e representa a fonte de maior GEE liberado pela pecuária (TRICARICO et al., 2020).

Para reduzir a emissão de  $\text{CH}_4$ , estratégias nutricionais devem ser criadas. Ao alterar as dietas, aumentando as concentrações de lipídios e diminuindo as fibras, as emissões entéricas de metano de bovinos leiteiros reduzem, aproximadamente 15,7%, com um aumento concomitante na produção global de leite de 13%. Além disso, essa mudança na dieta proporciona a redução do incremento calórico melhorando a eficiência de produção e diminuindo o estresse térmico causado aos animais em ambientes de temperatura elevada (CARO et al., 2016).

Outro parâmetro importante mensurado através de tecnologias é a incidência de mastite. A mastite subclínica pode ser diagnosticada com o uso da termografia infravermelha onde a câmera detecta mudanças de temperatura da área examinada do animal e as registra em imagens infravermelhas (termogramas), refletindo a temperatura da superfície cutânea em tempo real. A radiação térmica emitida pelo animal está relacionada com a perfusão sanguínea, sendo captada pela câmera termográfica (CHACUR et al., 2016).

O princípio básico da termografia é que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha, proporcional a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada em um termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores (EDDY et al., 2001).

Em estudo realizado por Polat et al. (2010), foi verificado que há relações diretas entre a temperatura superficial da glândula mamária e a ocorrência da mastite, e os pesquisadores concluíram então que a utilização da termografia infravermelha é uma ferramenta não invasiva e rápida que pode ser utilizada como exame complementar ao uso do CMT (*California Mastitis Test*) para diagnosticar a mastite subclínica (Figura 4).

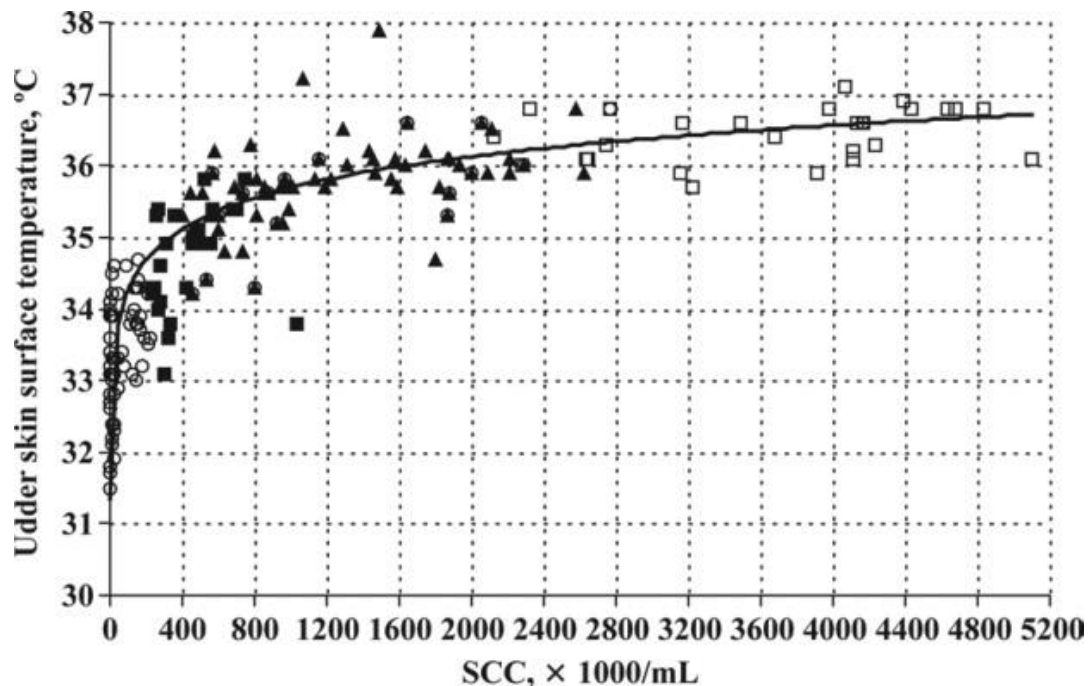


Figura 4. Relação entre CCS e a temperatura da superfície da pele do úbere (USST) de quartos determinados por termografia infravermelha.

Fonte: Polat et al., (2010).

Segundo Colak et al. (2008), alterações da temperatura do úbere permitem a detecção de diversos graus de gravidade de infecção da glândula mamária. Os autores verificaram também que a termografia infravermelha foi sensível para detectar diferenças na temperatura da pele do úbere permitindo a detecção de diversos graus de gravidade de infecção da glândula mamária, fazendo a correlação com o teste CMT ( $R= 0,92$ ) concluíram que a técnica é um método eficaz para monitorar e identificar mastites.

A mastite leva a perdas substanciais na produção de leite, diminuindo a qualidade do leite cru, decisões de descarte evitáveis e aumentando os custos de produção gerando perdas econômicas para a fazenda. Além das implicações econômicas negativas, a mastite aumenta as emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por litro de leite produzido (BALAINE et al., 2020).

Segundo Gulzari et al. (2018) a incidência de mastite subclínica em vacas leiteiras pode ocasionar em mudanças na intensidade das emissões de gases de efeito estufa

(GEE) e no desempenho econômico associado ao aumento da contagem de células somáticas (CCS) em relação às mudanças na produção de leite, consumo de ração e taxas de reposição. Quanto maior a contagem de CCS maior será a emissão de GEE. Vacas com 50.000 células/ml de leite podem produzir 1,01 kg de CO<sub>2</sub>, esses números aumentam 3,3; 3,6 e 3,7% em comparação com vacas com 400, 600 e 800 de células/ml de leite respectivamente.

Portanto, a mastite pode aumentar a intensidade das emissões em até 7- 8%. Autores relatam menor eficiência metabólica e maiores perdas de calor, associadas a maior demanda de energia para a função imunológica relacionada a mastite subclínica. Assim, a intensidade das emissões de GEE é baseada na eficiência do uso de alimentos, pois, vacas saudáveis são melhores conversores de ração, utilizando mais energia para ordenha e menos para manutenção (WATTIAUX et al., 2019).

Assim como a mastite, a claudicação tem uma influência considerável no bem-estar e na saúde das vacas leiteiras. Usando tecnologia de visão por computador, um experimento realizado em Pequim utilizou 100 vacas que caminhavam naturalmente, selecionadas aleatoriamente de um rebanho de 600 vacas. A claudicação dos animais foi pontuada manualmente por dois observadores treinados e a avaliação baseada em vídeo. Os resultados mostraram que 96% das vacas foram classificadas corretamente e 93% dos cascos lesionados foram detectados corretamente usando o algoritmo de detecção de claudicação baseado em análise de dados para o suporte (KANG et al., 2020).

Assim, para uma pecuária eficiente é necessário utilizar as tecnologias PLP orientadas para sistemas mais sustentáveis, aplicando estratégias de manejo e tecnologias para atingir esse objetivo. A PLP permite monitorar e controlar a saúde e o bem estar animal, monitorando o crescimento, comportamento animal, rendimento do produto, doenças endêmicas, ambiente e emissão de gases poluentes, otimizando o desempenho animal e reduzindo indiretamente o impacto ambiental (Figura 5) (TULLO et al., 2019).

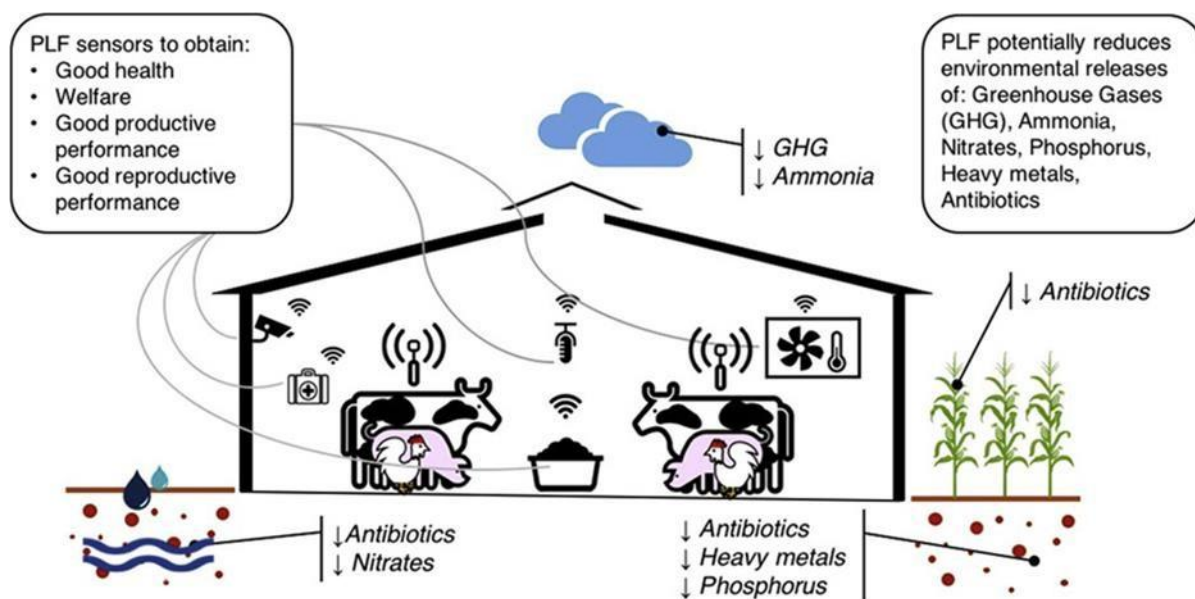


Figura 5. Esquema do efeito da PLP sobre a redução da emissão de GEE e amônia no ar, nitratos e antibióticos na água, fósforo, antibióticos e metais pesados no solo.

Fonte: Tullo et al. (2019).

## 2.4 Sensores de monitoramento do rebanho

A utilização de sensores na pecuária leiteira facilita a detecção de condições que incluem estro, parto, doenças e diminuição de produtividade. Na maioria dos casos, ocorre por meio de sensores binários onde o resultado prediz se uma condição está ou não presente em determinado momento. Porém existem também sensores que detectam resultados categóricos (DOMINIÁK E KRISTENSEN, 2017).

Os sensores podem ser classificados 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, pedômetros, sensores de visão mecânica de reconhecimento facial e microfones. No contexto da pecuária, tecnologias como sensores, computação em nuvem, inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (AM) e algoritmos avançados se complementam para fornecer uma solução completa para os produtores. Os sensores medem ou detectam elementos biológicos, químicos ou físicos, o *big data* armazena os dados, os algoritmos de IA e AM analisam os dados e fazem previsões e notificações caso haja algo anormal (Figura 6) (NEETHIRAJAN, 2020).



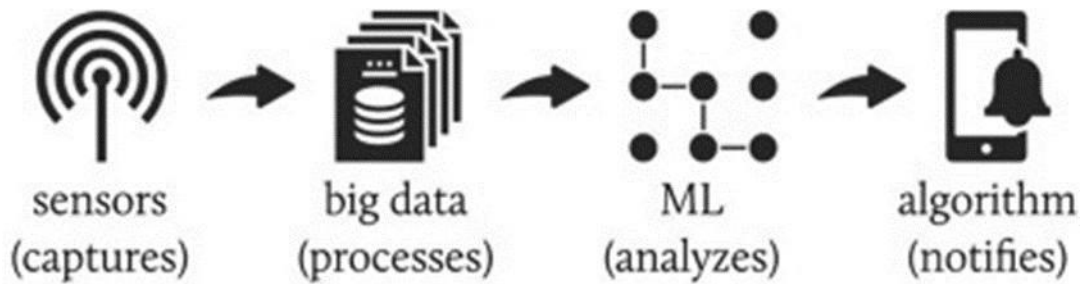


Figura 6. Simulação do processo de captura, processo, análise e notificações.

Fonte: Neethirajan (2020).

Acelerômetros, colares, câmeras e microfones são comumente utilizados para reconhecer o comportamento e bem estar dos animais. Através das câmeras se observa o comportamento do animal, e por meio dos microfones detecta a frequência de vocalizações. Pesquisadores gravaram dois grupos animais, um de 46 novilhas entre quatro e dez meses de idade e o outro grupo de 95 vacas entre dois e quatorze anos de idade. Em um período de quatro dias, novilhas podem emitir chamadas ( $332,6 \text{ Hz} \pm 0,3$ ) com comportamentos relacionados a maior parte por estresse, social e alimentação (176, 158 e 146 chamadas, respectivamente). Já vacas adultas ( $218,5 \text{ Hz} \pm 0,3$ ), emitem suas chamadas com comportamentos como social, estresse e quando estão deitadas e ruminando (109, 94 e 27 chamadas respectivamente) (MEEN et al., 2015).

Para auxiliar nos parâmetros de fertilidade, a espectroscopia de infravermelho pode ser um ponto chave para auxiliar na previsão da probabilidade de concepção. Um estudo com 29 rebanhos leiteiros comerciais em três estados australianos foi realizado com o objetivo de examinar a capacidade da espectroscopia de infravermelho médio (MIR) do leite e outros dados na fazenda para identificar vacas com maior ou menor probabilidade de conceber na primeira inseminação. Os autores concluíram que essa ferramenta (MIR) pode ser usada para identificar vacas com dificuldade de prenhez para a primeira inseminação com precisão promissora (HO E PRYCE, 2020).

O uso de colares facilita a observação do comportamento do gado leiteiro caracterizado por uma série de sensores de monitoramento de comportamento. Grinter et al. (2019) analisaram a taxa de ruminação, comportamento de alimentação e repouso. Os sensores detectaram eventos de estro. A partir dos resultados vacas com doenças metabólicas, mastite ou perto do parto comem e ruminam menos do que em casos normais e deitam mais do que em casos normais.

Um modelo de sensor diferente que permite a detecção e reconhecimento facial pode discernir rostos de animais individuais em tempo real. Compreender as emoções das



vacas leiteiras é importante para aumentar o nível de bem-estar e proporcionar uma vida melhor na fazenda. O branco dos olhos e a postura das orelhas podem estar associados: uma porção alta do branco visível correspondia às orelhas erguidas ou direcionadas para a frente (provavelmente apresentando medo devido a presença de uma pessoa), enquanto os olhos semicerrados correspondiam às orelhas colocadas para trás ou levemente penduradas (felicidade ou excitação) (BATTINI et al., 2019).

O uso de sensores na saúde animal é um instrumento que facilita a identificação de diagnósticos de forma precoce. Assim, podem ser utilizados no monitoramento da glândula mamária, detecção de distúrbios metabólicos e reprodutivos e alterações no sistema locomotor. O diagnóstico precoce minimiza os efeitos das doenças, diminuindo as taxas de descarte e favorece a recuperação da saúde do animal. As principais variáveis monitoradas por meio de sensores são: produção, composição do leite, CCS, ruminação, consumo de alimentos e água e medidores de atividade dos animais (Figura 7) (TEXEIRA et al., 2018).



Figura 7. Variáveis monitoradas por meio de sensores.

Fonte: Teixeira et al. (2018).

Na saúde animal um dos sensores que pode ser utilizado é o sensor de movimento. Os algoritmos podem prever os sintomas de doença, como claudicação, com base nos movimentos. Resultados indicam que é possível detectar claudicação três dias antes de ser capturada visualmente pelo fazendeiro com uma precisão geral de 87%. Isso significa

que o animal pode ser isolado ou tratado imediatamente para evitar quaisquer efeitos adicionais de claudicação (TANEJA et al., 2020).

Sistemas de monitoramento automatizados e contínuos baseados em sensores podem complementar programas de monitoramento de saúde e fornecer informações adicionais que podem ser usadas para melhorar o manejo individual de vacas ou de todo o rebanho. Através de sensores, é possível avaliar o estado de saúde das vacas. Vacas doentes apresentam menor tempo de ruminação (90,9 min/dia) do que vacas saudáveis. Essa frequência de ruminação também diminui no dia do parto, tanto para vacas saudáveis quanto para vacas doentes. Porém vacas saudáveis (135,9 minutos por dia) recuperam a ruminação normal já ao segundo dia após o parto (GUSTERER et al., 2020).

## **2.5 Software de gerenciamento de fazendas leiteiras**

O uso do software complementa a utilização dos sensores. De forma geral os sensores coletam a informação que é mandada para um tipo de software, carregando todos os dados em uma nuvem, processando e analisando as informações diárias, que através de um algoritmo gera uma notificação ao produtor pelo celular ou computador (NEETHIRAJAN, 2020).

Existem vários softwares criados para o monitoramento e armazenamento de dados. Um dos mais utilizados é a plataforma *EDGE computing IoT* (Internet das coisas). Uma grande vantagem do uso dessa tecnologia, é que ela pode ser utilizada como um mecanismo por meio do qual os consumidores finais podem acompanhar os processos pelos quais passou o produto à venda na cadeia de valor da indústria agroalimentar, garantindo a integridade das informações (PATIL et al., 2018).

Através do monitoramento inteligente é possível realizar um estudo de viabilidade da atividade como um todo. Pesquisadores da Universidade de Salamanca e do *digital innovation hub* (Espanha) estão construindo um consórcio de diferentes perfis que visam a rastreabilidade da produção, desde os parâmetros controlados na fazenda até a qualidade do produto final. São coletadas informações de cada estágio (saúde e estado das vacas, processamento do leite, segurança no transporte), posteriormente essas informações serão compartilhadas por meio de uma plataforma *IoT* confiável, permitindo acesso a clientes e consumidores (ALONSO et al., 2020).

Um dos softwares mais utilizados por produtores para melhorar a tomada de decisões agrícolas é o *Big data*. Aplicativos de *Big data* coletam, agregam e analisam grandes volumes de conjuntos de dados informações. Assim, por meio de relatórios o produtor identifica os principais processos que ocorrem no rebanho. Esse processo facilita a tomada de decisões como decidir quando terminar a lactação de uma vaca ou removê-la do rebanho, identificar vacas que precisam de tratamento com antibióticos, mudar a dieta e identificar animais de alta produção para serem inseminados artificialmente com sêmen de alto valor (Figura 8) (NEWTON et al., 2020).

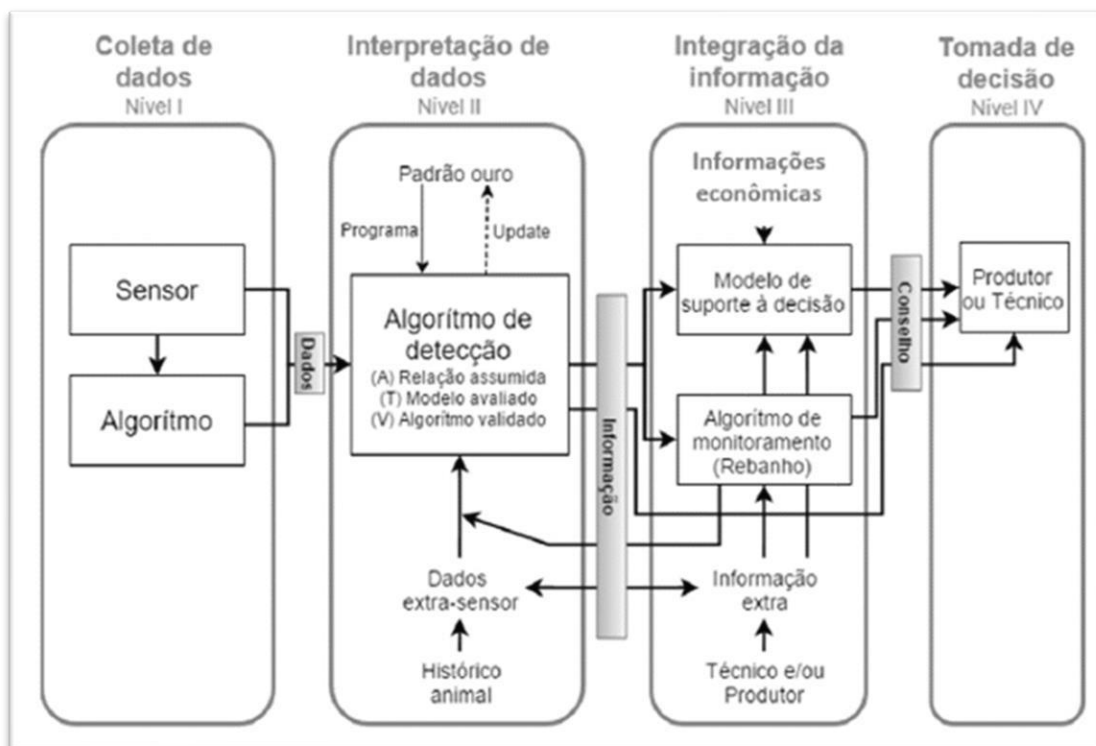


Figura 8. Diagrama do fluxo de dados e informações desde o processamento de dados coletados automaticamente à tomada de decisão pelo produtor e/ou equipe.

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

O uso da computação, eletrônica e imagem se faz importante para aperfeiçoar a gestão do rebanho. Dois tipos de imagem podem ser usados: detecção proxy e sensoriamento remoto. A detecção proxy é um sistema que favorece melhor resolução, precisão, temporalidade e menor custo. Aplicativos 2D facilitam a identificação, aplicabilidade e boa relação custo benefício, porém o uso de um 3D melhora a segmentação automática trazendo imagens e vídeos com menores mudanças de fundo e sombras (O'MAHONY et al., 2019).

## 2.6 Ordenha robotizada

Sistemas automáticos de ordenha foram introduzidos no início da década de 1990 e essa técnica gerou um grande avanço na produção de leite. O sucesso das ordenhas robotizadas foi principalmente devido à melhoria que trouxeram para as fazendas leiteiras em relação à qualidade do trabalho e estilo de vida dos fazendeiros. Nas últimas duas décadas, o número de fazendas que ordenham suas vacas automaticamente aumentou. Nos anos 2000 eram aproximadamente 1250 fazendas, já no final de 2010 esse número ultrapassou 10 mil fazendas comerciais que usavam um ou mais sistemas automáticos de ordenha no mundo (HOGENBOOM et al., 2019).

No Brasil, a primeira ordenha robótica foi instalada em Castro/PR e entrou em operação em 2012. No ano de 2015, pouco mais de dez unidades robóticas encontravam-se em operação em dez fazendas nacionais (PAIVA et al., 2015).

Em um sistema de ordenha automática, as vacas são atraídas por alimento concentrado para entrar na baia de ordenha. Assim que elas entram, os braços robóticos são responsáveis por higienizar e estimular os tetos e ordenhar o úbere. Com base em uma etiqueta de identificação individual, o robô adapta as condições de ordenha de acordo com as características morfológicas de cada vaca (altura, tamanho do úbere, formato e ângulo do teto), intervalo da ordenha anterior e condições de saúde, sem a intervenção direta do homem (Figura 9) (HANSEN et al., 2020).



Figura 9. Ordenha robótica.

Fonte: Teixeira et al. (2020).

Resultados mostram que, em fazendas na Austrália baseadas em pastagens com rebanhos entre 130 e 395 vacas, o desempenho físico e econômico de ordenhas automáticas e convencionais são relativamente semelhantes. Essa semelhança está relacionada com a necessidade de maiores custos de depreciação reparos e

manutenção de ordenhas automáticas, fazendo com que o balanço entre a comparação dos dois sistemas tenha no cálculo final lucros parecidos (GARGIULO et al., 2018).

Embora essa comparação mostre uma semelhança entre sistemas convencionais e automatizados de ordenha, os resultados podem ser diferentes para rebanhos maiores. Salfer et al. (2017) demonstraram que em rebanhos com 1500 vacas a tendência é que o sistema convencional obtenha melhores resultados. Isso porque eles tendem a funcionar em plena capacidade quase 24h por dia, reduzindo o investimento necessário se fosse um sistema automatizado. Os principais fatores de manejo que podem influenciar o impacto anual líquido são as mudanças no custo do trabalho de ordenha e na produção de leite. De acordo com o autor para maximizar o lucro os usuários de ordenhas robotizadas devem otimizar a produção de leite por robô.

Apesar de ser levantado um alto custo e a efetividade na implantação de ordenhas robotizadas, a troca de sistemas convencionais para automáticos pode favorecer a produção de leite. Dezesesseis rebanhos leiteiros passaram pela mudança de sistemas de ordenha e foi verificado que, após a mudança para o sistema automático, houve um efeito significativo na produção de leite, aumentando em 1078,35 e 1182,24 kg/lactação nas vacas de primeira e segunda lactação, respectivamente. Em termos de fertilidade, a mudança de sistema teve efeito no período de serviço no primeiro ciclo reprodutivo, número de inseminações e idade ao parto no segundo ciclo reprodutivo (PIWCZYNSKI et al., 2020).

Essa melhora de produção de leite por lactação e de parâmetros reprodutivos, está relacionada com o potencial da tecnologia da ordenha robotizada em favorecer a saúde e o bem estar. Isso porque permite liberdade de movimento no acesso ao robô e à ração. Ao mesmo tempo, o monitoramento contínuo dos animais permite que o tempo ideal para inseminação seja determinado com mais precisão nesses sistemas automatizados (BARKEMA et al., 2015; PIWCZYNSKI et al., 2020).

Outro fator importante relacionado ao sistema de ordenha robotizada é o diagnóstico da mastite. Diagnóstico de mastite clínica e a Contagem de Células Somáticas (CCS) no leite são as duas principais características usadas na avaliação genética da saúde do úbere. De acordo com a pesquisa desenvolvida por Tse et al. (2017), a maioria dos produtores (80%) que utilizam ordenha robotizada relata a maior facilidade de detecção de doenças. Isso porque os robôs fornecem uma expressiva quantidade de informações sobre cada animal (relatórios de saúde do úbere, peso da vaca, medições de

temperatura, relatórios de ordenha, relatórios de atividade e ruminção), e também por causa dos alarmes que notificam os produtores de problemas.

Assim, em sistemas automáticos a detecção da mastite é feita sem exame visual do ordenhador. Além disso, ordenha automática evita a propagação de infecção intramamária entre os tetos de uma vaca e reduz a ordenha excessiva. Porém, quando ocorre a mudança de sistemas de ordenha, os rebanhos que migram para sistema automático apresentam níveis mais altos de CCS, que reduz após um período de alguns meses devido à adaptação das vacas (HOVINEN E PYÖRÄLÄ, 2011).

Portanto, devem ser exploradas oportunidades para melhorar a utilização de pastagens, eficiência de trabalho e utilização de robôs em fazendas que possuem ordenha automática. Melhorar a eficiência nessas áreas pode melhorar a produtividade e a lucratividade desses sistemas e, conseqüentemente, aumentar o interesse por essa tecnologia (GARGIULO et al., 2018).

## 2.7 Nutrição de precisão

A vaca leiteira de alta produção requer uma dieta que forneça os nutrientes necessários para uma produção de leite. Carboidratos, aminoácidos, gorduras, ácidos graxos essenciais, minerais, vitaminas e água são todos os nutrientes exigidos pela vaca em lactação para produzir leite e seus componentes. Sendo que, para o atendimento das exigências do desenvolvimento de uma vaca de alta produção, a nutrição começa desde bezerra e novilha (LU et al., 2015).

De acordo com Azevedo et al. (2015), a utilização de ferramentas como o colostrômetro e o refratômetro de BRIX, permitem a avaliação da qualidade do colostro, da transferência de imunidade passiva aos bezerros, do teor de sólidos totais da dieta líquida, sendo ferramentas que podem auxiliar na fase de cria e recria e refletir na melhor saúde e produtividade do rebanho (Figura 10).

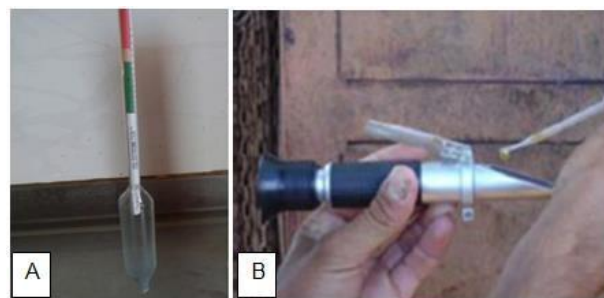


Figura 10. Imagem A colostrômetro, imagem B modelo de refratômetro do tipo Brix óptico.

Fonte: Azevedo et al. (2015).

A nutrição de precisão melhora características de desempenho animal, facilitando a produção econômica e ecologicamente correta de um produto lácteo de qualidade que é altamente aceitável para o consumidor. Essa prática está ganhando interesse como manejo robusto, capaz de aumentar a eficiência, reduzir custos, melhorar a qualidade do produto, minimizar o impacto ambiental e melhorar a saúde e o bem-estar do gado leiteiro (WHITE; CAPPER, 2014).

Considerando que os nutrientes da formulação não são exatamente os mesmos da dieta consumida e que os modelos de exigências não são totalmente precisos, há pontos no fluxo do processo de alimentação dos animais que podem ser associados às falhas de precisão na nutrição (Figura 11) (TOMICH et al., 2015).

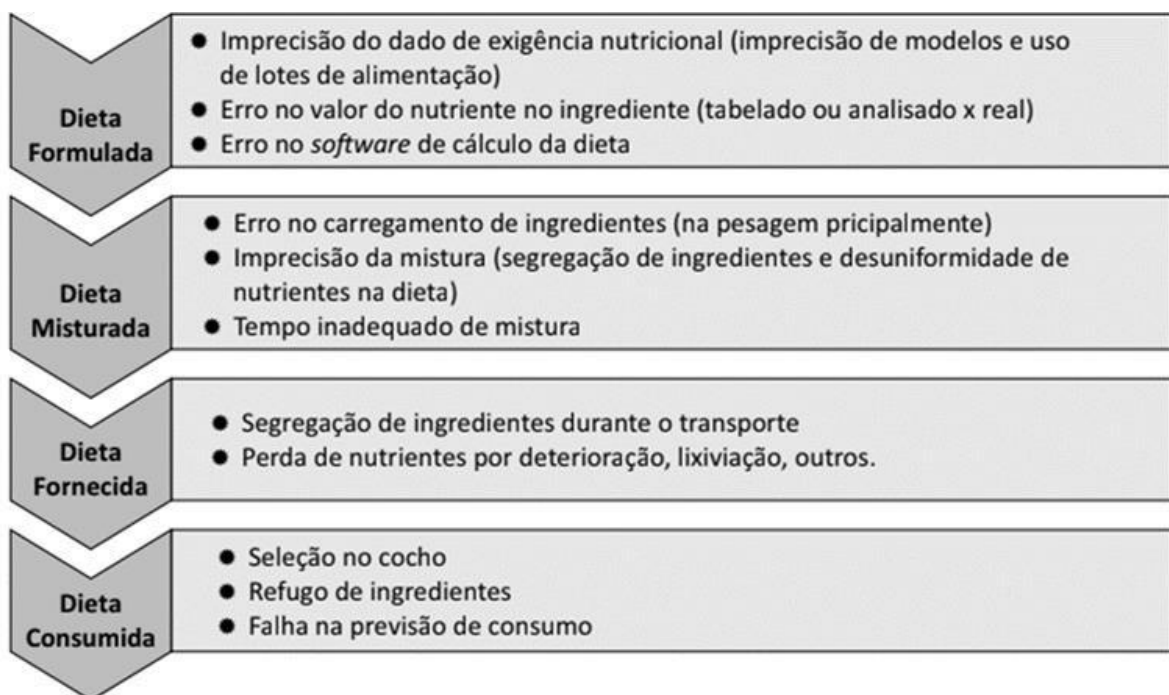


Figura 11. Fluxo do processo de alimentação e exemplos que podem determinar falha na precisão para atendimento das exigências nutricionais.

Fonte: Tomich et al. (2015).

Para melhorar a precisão da nutrição é necessário aproximar ao máximo o valor nutritivo utilizado na formulação da ração, em relação ao valor nutritivo real do alimento que irá compor a dieta fornecida. Sempre que possível deve-se realizar análises dos alimentos utilizados ao invés de utilizar dados tabelados. A técnica de Espectroscopia de Infravermelho Próximo (Near Infrared Reflectance Spectroscopy – NIRS) para análise dos alimentos pode demandar menos trabalho e tempo para o processamento da amostra e execução da análise. Os sistemas que empregam analisador NIRS portáteis



na propriedade requerem a amostragem dos alimentos como atividade exclusiva ou processar a análise dos alimentos de forma automatizada em pontos específicos da linha de produção da ração (Figura 12) (TOMICHI et al., 2015).



Figura 11. Analisador NIRS acoplado a equipamentos de manejo de alimentos

Fonte: Tomich et al. (2015).

Sob um sistema de alimentação *ad libitum*, a taxa de passagem é maior quando maiores proporções de concentrado são fornecidas em comparação com dietas contendo uma maior quantidade de volumoso. Mas, quando a ingestão é controlada e fornecida de forma precisa para atender às necessidades do animal, com o intuito de atingir maior ganho de peso diário (GPD) ou produção de leite, o tempo de retenção ruminal é maior à medida que a ingestão é diminuída (LASCANO et al., 2016).

A alimentação de precisão tem muitos benefícios para o produtor, incluindo a redução dos 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-desmamada. Durante todo o período, a proteína bruta é definida em 14% e 15% para novilhas, enquanto energia metabolizável varia de 3,01 Mcal/kg a 2,84 Mcal/kg de consumo à medida que a novilha cresce. A fibra detergente em neutro (FDN) varia de 23% a 35% e todos minerais e vitaminas são semelhantes aos requisitos do NRC (ERICKSON E KALSCHEUR, 2020).

Novilhas leiteiras alimentadas de forma precisa usam nutrientes nas dietas de baixo volumoso (45%) de forma mais eficiente, e a fibra dietética adicional diminui a síntese de proteína microbiana e a utilização de nutrientes e N sob altas proporções de proteína digerível no rúmen (PDR). A proteína não digerível no rúmen (PNDR) mais alta é necessária para complementar o potencial de fermentação baixo quando fibra adicional é adicionada sob essas condições (LASCANO et al., 2016).

Um sistema denominado *Cornell net* pode estimar as necessidades do gado leiteiro e o fornecimento de nutrientes para situações específicas do local. Nesse sistema as



necessidades de energia e proteína são previstas a partir do peso corporal, taxa de ganho de peso, composição química do ganho e peso final. O modelo é previsto através de equações básicas para crescimento, necessidade de proteína metabolizável, requisitos de prenhez e lactação, e manutenção e reservas corporais (TYLUTKI et al., 2008).

Outro fator que favorece a utilização de nutrição de precisão é a redução de fósforo por meio da alimentação. O fósforo (P) é um elemento caro e precisa ser bem utilizado evitando perdas. Utilizando o sistema *Cornell net*, as concentrações fecais de fósforo podem diminuir até 33%. A produção de leite não é afetada por dietas com fósforo reduzido. As reduções absolutas de P aumentam de acordo com a idade da vaca em média de 25 a 40 g/dia por animal (CEROSALETTI et al., 2004).

Fornecendo uma dieta consistente com base em seu desempenho, junto com uma habitação confortável e fornecimento de água, resultará em uma conversão mais eficiente da ração em leite. Melhorando também a utilização de nutrientes, reduzindo o desperdício e ajudando a manter o setor agrícola produtor de leite sustentável (ERICKSON E KALSCHEUR, 2020).

## **2.8 Zootecnia de precisão na reprodução**

Por alterar a proporção de vacas em lactação no rebanho e alterar o número médio de dias em lactação do rebanho, a eficiência reprodutiva impacta economicamente a produção de leite. Recentemente estão sendo desenvolvidos equipamentos para melhorar esses parâmetros e algumas destas tecnologias dispensam a observação visual do cio. No mercado existem duas classes de dispositivos para detecção de cio, uma com base em sensores de pressão capazes de registrar a monta sofrida pela vaca em cio como é o caso do HeatWatch®, e outra com base em sensores que avaliam a atividade dos animais (CARVALHO et al., 2015).

O funcionamento do sensor HeatWatch® consiste em um mini transmissor de rádio alojado dentro de uma estrutura plástica, que é ativado pelo peso exercido pela monta de outra vaca, em uma monta que dure pelo menos dois segundos. Cada ativação do sensor gera uma transmissão por ondas de rádio até uma antena de recepção e daí para um computador com os dados como, identificação da vaca, data, hora e duração da ativação do sensor definindo a ocorrência ou não do cio (Figura 13) (CARVALHO et al., 2015).

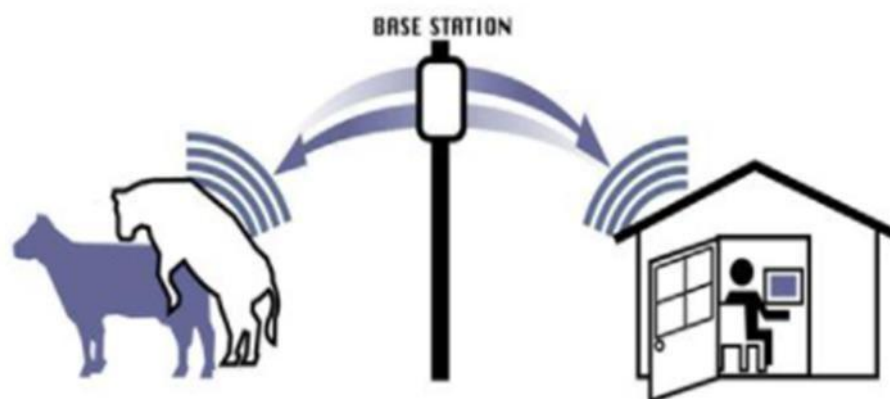


Figura 12. Sensor HeatWatch®.

Fonte: Carvalho et al. (2015).

Uma desvantagem deste método é que seu alcance máximo é de 400 metros entre animal e o computador que armazena as informações, não sendo indicado para sistemas a pasto além de seu custo elevado (CAETANO e CAETANO JÚNIOR, 2015).

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

Comparando a eficácia de um pedômetro com o acelerômetro, o pedômetro para detecção de estro apresenta menor sensibilidade (63%) e precisão (73%) em comparação com a sensibilidade de 77% e precisão de 92% encontrada pelo acelerômetro montado na perna de vacas leiteiras (HOLMAN et al., 2014).

Em outro estudo utilizando acelerômetros (montados no pescoço e pernas) e sensores de localização interna houve aumento de desempenho de detecção de parto e estro em gado leiteiro. Quanto ao sensor usado para detecção, sensores de localização obtiveram o 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%) (BENAISSA et al., 2020).

## 2.9 Fatores que afetam a adoção da Pecuária Leiteira de Precisão

Muitos produtores demonstram interesse por novos modelos de produção animal, porém as dificuldades financeiras são citadas com frequência. Esse processo de instabilidade financeira dificulta a implantação de novas técnicas na propriedade. Outro problema recorrente é a preocupação com o treinamento e uso de tecnologia. Isso porque alguns programas atuais exigem inserir dados separadamente do software de gerenciamento de rebanho leiteiro, se usados em conjunto (HANSEN et al., 2020).

Em um estudo conduzido por Neethirajan (2020) produtores avaliaram o valor da adoção e uso de tecnologias em suas propriedades e também consideraram se isso representa um risco para seus animais e sua função de identificação como um bom criador. De acordo com o autor existem três desvantagens significativas na utilização de tecnologias nas propriedades. Em primeiro lugar cita que grandes quantidades de dados e serviços são armazenadas em servidores remotos em nuvem, e isso pode ser monetizado para benefícios comerciais de terceiros, colocando os produtores em risco. Em alguns casos a tecnologia não pode ser usada de forma eficaz, visto que os produtores ficam relutantes ou podem não ser capazes de usar a tecnologia mais recente em suas fazendas e que fatores ambientais, físicos e situacionais podem comprometer o uso da tecnologia. E o terceiro fator citado é que algumas empresas estão sendo criticadas por vender tecnologias prematuras aos fazendeiros, sem testes ou evidências suficientes. Sendo que quaisquer erros podem resultar em grandes perdas econômicas aos produtores.

Em relação ao custo benefício, resultados indicam que as tecnologias devem ter uma alta relação. Muitas respostas também indicaram que as alternativas de trabalho são mais realistas, especialmente em pequenas propriedades. Produtores de leite indicaram uma indesejável relação custo-benefício, falta de valor econômico percebido, dificuldade ou complexidade de uso e suporte técnico ou treinamento insuficiente como fatores influentes na adoção de tecnologia (BORCHERS E BEWLEY, 2015).

Incertezas sobre as condições de mercado, do desempenho e reais benefícios das novas tecnologias têm sido decisivos para adoção ou não das novas tecnologias de precisão por parte dos produtores de leite, visto que o mercado de *commodities* é caracterizado por uma enorme volatilidade. Como resultado, as condições econômicas e a rentabilidade dos investimentos podem variar consideravelmente dependendo dos preços pagos pelos insumos e os preços recebidos pelos produtos (BEWLEY, 2010).

Uma pesquisa realizada em 25 fazendas de bovinos de leite situadas na França teve como o objetivo entender melhor como a tecnologia afeta as relações entre animais e

humanos. Assim, os autores verificaram que a maioria dos produtores expressa satisfação em trabalhar com novas tecnologias. No entanto, alguns produtores se preocupam quanto ao lugar das novas tecnologias na propriedade, como o risco de perder a própria autonomia ou a capacidade de observar os animais e detectar problemas (KLING-EVEILLARD et al., 2020).

Para identificar a percepção e uso da tecnologia por produtores, em um estudo realizado na Califórnia (EUA) foram coletadas informações de produtores de leite de diferentes países através de questionários online. Através dessas informações foram obtidos os seguintes resultados: 68,8% do total de produtores solicitados indicam o uso de tecnologia em suas propriedades, sendo que 52,3% são para analisar parâmetros relacionados com a produção diária de leite, 41,3% para atividade das vacas e 25,7% para analisar a incidência de mastite no rebanho. Os produtores foram solicitados a pontuar em uma escala de 1 a 5 as considerações tomadas antes de decidirem comprar uma tecnologia de PLP (1 = não importante e 5 = importante). Os produtores indicaram relação custo-benefício ( $4,57 \pm 0,66$ ), custo total investido ( $4,28 \pm 0,28$ ) e simplicidade de uso ( $4,26 \pm 0,75$ ) sendo os fatores mais importantes ao decidir se implementará ou não uma tecnologia (BORCHERS E BEWLEY, 2015).

No Brasil foi realizada uma pesquisa similar por Paiva et al. (2016) com o objetivo de levantar quais tecnologias estão sendo utilizadas pelos 100 maiores produtores de leite do país (TOP100), qualificando e quantificando as motivações para a adoção, a importância e a utilidade das tecnologias. Os parâmetros mais comumente mensurados por tecnologias de precisão foram a produção diária de leite (58,7%), peso corporal (28,3%), atividade da vaca (28,3%) e mastite (26,1%). Na tabela 1 são apresentados os principais parâmetros mensurados por tecnologias, de produtores brasileiros (TOP 100) e americanos que utilizam tecnologias de PLP para mensurar diversos parâmetros.

**Tabela 1.** Principais parâmetros mensurados por tecnologias de precisão de produtores brasileiros (TOP100) e americanos (EUA).

Parâmetros	Porcentagem de respostas	
	TOP100 (n = 46)	EUA (n = 109)
Produção diária de leite	58,7	52,3
Peso corporal	28,3	11,0
Atividade da vaca	28,3	41,3
Mastite	26,1	25,7
Detecção de estro	21,7	21,1
Localização/posicionamento animal	13	8,3
Comportamento da vaca (deitada ou em pé)	10,9	8,3
Atividade ruminal	6,5	9,2
Comportamento alimentar	4,3	12,8
Saúde do casco	4,3	6,4
Movimento da mandíbula/mastigação	4,3	7,3
Laminite	4,3	4,6
Composição do leite (ex: gordura, proteína e CCS)	4,3	24,8
Ruminação	4,3	10,1
Temperatura corporal	4,3	12,8
Batimento cardíaco	0,0	3,7
Emissão de metano	0,0	1,8
Taxa respiratória	0,0	1,8
pH ruminal	0,0	0,9

Fonte: Adaptado de Borchers e Bewley (2015) e Paiva et al. (2016).

Nas duas pesquisas os produtores também foram solicitados a classificar os parâmetros de maior utilidade, a partir de pontuações como 1 = inútil, 2 = de pouca utilidade, 3 = moderadamente útil, 4 = pouco útil e 5 = útil. Os parâmetros considerados pelos produtores brasileiros de maior utilidade foram: produção diária de leite (4,67), detecção de estro (4,43) e mastite (4,26). Já nos EUA, a ordem de importância foi mastite (4,77), detecção de estro (4,75) e produção diária de leite (4,72). Usando dados como esses, os fabricantes podem projetar e comercializar melhor as tecnologias de acordo com as necessidades do produtor (BORCHERS E BEWLEY, 2015; PAIVA et al., 2016).

De acordo com Bewley (2010) o retorno econômico é um dos principais fatores que influencia na adoção de tecnologias dentro das fazendas leiteiras. Outros fatores que influenciam incluem idade, nível de educação formal, estilo de aprendizagem, objetivos, tamanho da fazenda, complexidade do negócio, percepções de risco, tipo de produção, propriedade de um negócio não agrícola, inovação na produção, despesas gerais com informações e uso da tecnologia por colegas e outros membros da família.

De modo geral os produtores são conservadores, em especial por causa das reduzidas margens de lucro com as quais frequentemente trabalham. Sendo assim, a

transparência na divulgação dos reais benefícios da tecnologia torna-se o fator mais importante para o sucesso da pecuária leiteira de precisão (FERREIRA et al., 2015). A oferta de treinamento, suporte técnico adequado e a correta especificação, instalação e monitoramento do sistema são fatores fundamentais para a adoção da pecuária leiteira de precisão (BANHAZI et al., 2012).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A Zootecnia de Precisão envolve mensurações, predições e análise de dados de variáveis do animal. Sua utilização cria possibilidades de controles e intervenções que são impossíveis dentro dos sistemas tradicionais de produção. Com a utilização de tecnologias nas fazendas leiteiras é possível melhorar a qualidade dos produtos, rastreabilidade, melhoria na eficiência do uso de recursos, aumento no bem estar e saúde animal, redução do impacto ambiental e maior confiança ao consumidor. As maiores desvantagens de sistemas de precisão são o alto custo, e o grau de dificuldade que algumas tecnologias apresentam.

Outro fator importante a ser destacado é que a Produção Leiteira de Precisão melhora a qualidade de vida dos trabalhadores da atividade, mesmo que muitos tenham dificuldades de adaptação ao sistema. Muitos produtores têm interesse em novas tecnologias, porém a instabilidade financeira dificulta a adoção de novas técnicas dentro das propriedades. Incertezas de mercado do desempenho e reais benefícios das novas tecnologias também têm sido decisivos para adoção ou não de novas tecnologias.

A oferta de treinamento, suporte técnico adequado e a correta especificação, instalação e monitoramento do sistema se constituem fatores fundamentais para a adoção da pecuária leiteira de precisão. Portanto, torna-se fundamental a criação de tecnologias mais acessíveis às condições financeiras dos produtores de leite e que, antes de empregar a tecnologia, os produtores devem escolher com cautela qual se adapta melhor à realidade da sua propriedade garantindo assim, um bom retorno econômico.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. **Números do Setor – Faturamento**, 2019. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2019.pdf>>. Acesso em: 12/05/2021.

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.

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.

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. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n.3, 2012.

BARHEMA, H.W.; KEYSERLINGK, M.A.G.V.; KASTELIC, J.P.; LAM, T.J.G. M.; LUBY, C.; ROY, J.P.; LEBLANC, S.J.; KEEFE, G.P.; KELTON, D.F. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. **Journal of Dairy Science**. v. 98, p.1-20, 2015.

BATTINI, M.; AGOSTINI, A.; MATTIELLO, S. Understanding cow's emotions on farm: Are eye white and ear posture reliable indicators?. **Animals**, v. 9, n. 477 p. 3-17, 2019.

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.

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,



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.

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.

CAETANO, G.A.O.; CAETANO JÚNIOR, M.B. Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas. **PubVet**, v. 9, n. 8, p. 381-393, 2015.

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.

COLAK, A.; POLAT, B.; OKUMUS, Z.; KAYA, M.; YANMAZ, L. HAYIRLI, A. Short Communication: Early Detection of Mastitis Using Infrared Thermography in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v. 91, n. 11, p. 4244 - 4248, 2008.

DOMINIAK, K.N.; KRISTESEN, A.R. Prioritizing alarms from sensor-based detection

models in livestock production - A review on model performance and alarm reducing methods. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 133, p. 46–67, 2017.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED L.M.; SNYDER, J.R. The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. **Veterinary of 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.

GRINTER, LN.; CAMPLER, M.R.; COSTA, JH.C. Technical note: Validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination feeding, and resting time of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3487–3494, 2019.

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.

GUSTERER, E.; KANZ, P.; KRIEGER, S.; KRIEGER, S.; SCHWEINZER, V.; SUSS, D.; LIDAUER, L.; KICKINGER, F.; OHLSCHUSTER, M.; AUER, W.; DRILLICH, M.; IWERSEN, M. Sensor technology to support herd health monitoring: Using rumination

duration of dairy cows with health deviations. **Theriogenology**, v. 157, p. 61–69, 2020.

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.

HO, P.N.; PRYCE, J.E. Predicting the likelihood of conception to first insemination of dairy cows using milk mid-infrared spectroscopy. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 12, 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.; GROVE-WHITE, D.; DOBSON, H. Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. **Veterinary Record**, v.169, n.2, p.47–47, 2014.

HOVINEN, M.; PYÖRÄLÄ, S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n.2, p. 547–562, 2011.

KANG, X.; ZHANG, X.D.; LIU, G. Accurate detection of lameness in dairy cattle with computer vision: A new and individualized detection strategy based on the analysis of the supporting phase. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 11, p. 10628–10638, 1 nov. 2020.

KLING-EVEILLARD, F.; ALLAIN, C.; BOIVIN, X.; COURBOULAY, V.; CRÉACH, P.; PHILIBERT, A.; RAMONET, Y. HOSTIOU, N. Farmers' representations of the effects of precision livestock farming on human-animal relationships. **Livestock Science**, v. 238, n. November 2019, p. 104057, 2020.

LASCANO, G.J.; KOCH, L.E.; HEINRICHS, A.J. Precision-feeding dairy heifers a high rumen-degradable protein diet with different proportions of dietary fiber and forage-to-concentrate ratios. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n.9, p. 7175–7190, 2016.

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.

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,

2015.

MAHONY, N.O.; CAMPBELL, S.; CARVALHO, A.; KRPALKOVA, L.; RIORDAN, D.; WALSH, J. 3D Vision for Precision Dairy Farming, **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 30, p. 312-317, 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vbp-e-estimado-em-r-689-97-bilhoes-para-2020/202003VBPelaspeyresagropecuariapdf.pdf>. Acesso em: 12/05/2021.

MEEN, GH.; SCHELLEKENS, M.A.; SLEGERS, M.H.M.; LEENDERS, N.L.G. Sound analysis in dairy cattle vocalisation as a potential welfare monitor. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 118, p. 111–115, 2015.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. Oficina de Textos. 1. ed, São Paulo, 2015.

NEETHIRAJAN, S. The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. **Sensing and bio-research**, v. 29, p. 1–8, 2020.

NEWTON, J.E.; NETTLE, R.; PRYCE, J.E. Farming smarter with big data: Insights from the case of Australia’s national dairy herd milk recording scheme. **Agricultural Systems**, v. 181, n. March, p. 102811, 2020.

O’MAHONY, N.; CAMPBELL, S.; CARVALHO, A.; KRPALKOVA, L.; RIORDAN, D.; WALSH, J. 3D Vision for Precision Dairy Farming. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 30, p. 312–317, 2019.

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.

PAIVA, C.A.V.; TOMICH, T.R.; CAMPOS, M.M.; MACHADO, FS.; PEREIRA, L.G.R. **Pecuária de Precisão no Brasil**. Leite Integral, edição 85, 2016. Disponível em: <https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/pecuaria-de-precisao-no-brasil>. Acesso em: 29/05/2021.

PATIL, A.S.; TAMA, B.A.; PARK, Y.; RHEE, K.H. A Framework for Blockchain Based Secure Smart Green House Farming. In: PARK, J.; LOIA, V.; YI, G.; SUNG, Y. (eds) **Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing. Lecture Notes in**

**Electrical Engineering**, v. 474, p. 1162-1164, 2018 .

PEREIRA, L.G.R. **Pecuária leiteira de precisão**. Embrapa Gado de leite, 2016. Disponível em: <http://www.repilite.com.br/forum/topics/pecu-ria-leiteira-de-precis-o>  
Acesso em: 31/05/2021.

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.

PIWCZYŃSKI, D.; BRZozowski, M.; SITKOWSKA, B. The impact of the installation of an automatic milking system on female fertility traits in Holstein-Friesian cows. **Livestock Science**, v. 240, p.104140, 2020.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L. E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensibilidade e especificação da termografia infravermelha na detecção de mastite subclínica em vacas leiteiras. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 8, p. 3525-3532, 2010.

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.

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.

ROCHA, D.T.; CARVALHO, G.R.; RESENDE, J.C. Cadeia produtiva do leite do Brasil: produção primária. **Circular Técnica 123**, Juiz de Fora, Minas Gerais, 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.

SALFER, J. A.; MINEGISHI, K.; LAZARUS, W.; BERNING, E.; EDREST, M. I. Finances and returns for robotic dairies. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1-11, 2017.

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

TANEJA, M.; BYABAZAIRE, J.; JALODIA, N.; DAVY, A.; OLARIU, C.; MALONE, P. Machine learning based fog computing assisted data-driven approach for early lameness detection in dairy cattle. **Computers and Eletronics in Agriculture**, v. 171, p. 105286, 2020.

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: 29/05/2021.

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.

TULLO, E.; FINZI, A.; GUARINO, M. Review: Environmental impact of livestock farming and precision livestock farming as a mitigation strategy. **Science of the total environment**, v. 650, p. 2751–2760, 2019.

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.

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.

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.

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.