



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTÔNIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

DELFIN BRUNETTI

**GESTÃO DA QUALIDADE E AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO
LEITEIRA: EFICIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E
SUSTENTABILIDADE**

**LINS/SP
2º SEMESTRE/2025**



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTÔNIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

DELFIN BRUNETTI

**GESTÃO DA QUALIDADE E AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO
LEITEIRA: EFICIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E
SUSTENTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio
Seabra, para obtenção do Título de Tecnólogo em
Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Me. Luiz Antônio Cabañas

LINS/SP
2º SEMESTRE/2025



Brunetti, Delfim.

B895g Gestão da qualidade e automação na produção leiteira: eficiência, bem-estar animal e sustentabilidade / Delfim Brunetti. – Lins, 2025.

41f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da Qualidade) — Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra: Lins, 2025.

Orientador: Luiz Antônio Cabañas

1. Produção leiteira. 2. Gestão da qualidade. 3. Automação. 4. Bem-estar animal. 5. Sustentabilidade. I. Cabañas, Luiz Antônio. II. Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra. III. Título

CDD 658.562



DELFIN BRUNETTI

GESTÃO DA QUALIDADE E AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO LEITEIRA: EFICIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E SUSTENTABILIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Qualidade sob orientação do Prof. Me. Luiz Antônio Cabañas.

Data de aprovação: ____ / ____ / ____



Luiz Antônio Cabañas



Roberto Outa



Moacir Teixeira





SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 SISTEMA DE GESTÃO NA PRODUÇÃO LEITEIRA	6
2.2 GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO LEITEIRA	7
2.2.1 Benefícios da gestão da qualidade na produção leiteira	8
2.2.2 Desafios da gestão da qualidade na produção leiteira	8
2.3 TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO APLICADAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO LEITEIRA	8
2.3.1 Sensores de monitoramento da saúde animal	9
2.3.2 Sistemas de rastreabilidade e controle de qualidade	11
2.3.3 Manejo de pastagens	11
2.3.4 Automação na nutrição e alimentação do gado	12
2.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA AUTOMAÇÃO NA PECUÁRIA LEITEIRA ..	12
2.5 SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ORDENHA	14
2.5.1 Sistema de ordenha balde ao pé	15
2.5.2 Sistema de ordenha espinha de peixe (fishbone)	17
2.5.3 Sistema de ordenha side by side (paralela)	18
2.5.4 Sistema de ordenha carrossel ou rotatória	19
2.5.5 Sistema de ordenha robotizada	21
3 METODOLOGIA	26
3.1 TIPO DE PESQUISA	26
3.2 MÉTODO DE PESQUISA	27
3.3 LOCAL DO ESTUDO	27
3.4 COLETA DE DADOS	27
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	28
3.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	28
4 ESTUDO DE CASO	29
4.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO	29
4.2 ESTRUTURA E ROTEIRO DE ORDENHA DA PROPRIEDADE RURAL	30
4.2.1 Preparação do ambiente	30
4.2.2 Condução e manejo dos animais	30
4.2.3 Higienização pré-ordenha	31
4.2.4 Acoplagem das teteiras	33
4.2.5 Pós-ordenha	33
4.2.6 Coleta e armazenamento do leite	34
4.2.7 Limpeza e higienização do equipamento	34
4.2.8 Registro de dados	35
4.3 Diretrizes para modernização do processo produtivo	36
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

GESTÃO DA QUALIDADE E AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO LEITEIRA: EFICIÊNCIA, BEM-ESTAR ANIMAL E SUSTENTABILIDADE

Delfim Brunetti ¹
Luiz Antonio Cabanas ²

¹ Acadêmico do Curso de Tecnologia em Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra - Fatec, Lins-SP, Brasil

² Docente do Curso de Tecnologia em Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra - Fatec, Lins-SP, Brasil

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso analisa o impacto da automação na gestão da qualidade da produção leiteira, com ênfase na eficiência produtiva, no bem-estar animal e na sustentabilidade. O estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza descritiva, fundamentada na análise de livros, artigos científicos, normas técnicas e publicações especializadas que abordam a gestão da qualidade e a automação na pecuária leiteira. De forma complementar, foi desenvolvido um estudo de caso descritivo em uma propriedade leiteira de pequeno porte que utiliza o sistema de ordenha balde ao pé, com base em observação sistemática das rotinas produtivas, análise documental e registros fotográficos. Os resultados evidenciam que, mesmo em propriedades de menor porte, a adoção de tecnologias e práticas de automação é viável e pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do leite, a redução de falhas humanas, o aumento da produtividade e a preservação do bem-estar animal. Além disso, foram apresentadas diretrizes para a modernização do processo produtivo, formuladas a partir da análise do estudo de caso e do referencial teórico, sem comprometer a sustentabilidade ambiental. Conclui-se que a automação representa uma ferramenta estratégica para elevar a competitividade e a qualidade na cadeia leiteira, especialmente em sistemas tradicionais de produção.

Palavras-chave: Produção leiteira. Gestão da qualidade. Automação. Bem-estar animal. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aims to analyze how quality management and automation practices in dairy production promote efficiency, animal welfare and sustainability. The study is characterized as a descriptive literature review, based on the analysis of books, scientific articles, technical standards, and specialized publications addressing quality management and automation in dairy farming. Complementarily, a descriptive case study was conducted in a small-scale dairy farm that uses a bucket milking system, based on systematic observation of productive routines, documentary analysis, and photographic records. The results indicate that, even in small-scale properties, the adoption of automation technologies and practices is feasible and can significantly contribute to improving milk quality, reducing human errors, increasing productivity, and preserving animal welfare. In addition, guidelines for the modernization of the

production process were presented, formulated based on the analysis of the case study and the theoretical framework, without compromising environmental sustainability. It is concluded that automation represents a strategic tool to enhance competitiveness and quality in the dairy production chain, especially in traditional production systems.

Keywords: Dairy production. Quality management. Automation. Animal welfare. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva de leite e laticínios constitui um setor de considerável importância econômica e social no Brasil, merecendo especial atenção do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2025).

O Brasil é o terceiro maior produtor de leite do mundo, gerando mais de 35,4 bilhões de litros anualmente e exibindo uma taxa média de crescimento de 4% a 5%. As instalações de produção estão distribuídas em 98% dos municípios brasileiros e são predominantemente compostas por propriedades de pequeno a médio porte que empregam coletivamente aproximadamente 4 milhões de pessoas (IBGE, 2023).

O país abriga mais de 1 milhão de fazendas leiteiras, com previsões da Secretaria de Política Agrícola sugerindo que, até o ano de 2030, essas entidades persistirão como as produtoras mais eficientes, adaptando-se a um cenário em evolução caracterizado pela integração de tecnologia, aprimoramentos nas práticas de gestão e níveis elevados de eficiência técnica e econômica (Silva *et al.*, 2025).

A automação da produção de laticínios gerou transformações que são atribuídas, principalmente, aos avanços nas tecnologias voltadas para o setor pecuário. A busca por maior eficiência, melhor qualidade do leite, bem-estar animal e sustentabilidade obrigou os produtores a adotar sistemas automatizados, incluindo ordenha robótica, monitoramento da saúde do gado e controle de qualidade facilitado por sensores inteligentes (Rocha, Resende, Martins, 2018; Silva *et al.*, 2025).

Nesse contexto, a gestão da qualidade garante a implementação efetiva da automação, mantendo os padrões sanitários e de produção adequados (Rentero, 2021).

A seleção deste tópico é fundamentada pelo reconhecimento de que a automação na produção de laticínios tem se mostrado indispensável para atender às demandas do mercado e às regulamentações sanitárias, garantindo o fornecimento de produtos seguros e de alta qualidade para o consumo. Além disso, a adoção de tais tecnologias mitiga o desperdício, melhora o manejo animal e contribui para a sustentabilidade ambiental, diminuindo o impacto das atividades agrícolas.

Entende-se que este estudo é de significativa relevância, pois investiga como a gestão da qualidade pode ampliar as vantagens da automação na produção de laticínios, promovendo a eficiência produtiva, o bem-estar animal e práticas sustentáveis.

À luz da progressão da automação no setor de laticínios, surge a seguinte questão de pesquisa: como a automação na produção de leite pode reforçar a gestão da qualidade, melhorar a eficiência da produção, promover o bem-estar animal e garantir a sustentabilidade do setor?

A priori, a automação na produção de laticínios exerce uma influência positiva na gestão da qualidade, aumentando a eficiência da produção, minimizando o desperdício, aprimorando o controle sanitário, promovendo o bem-estar animal por meio da redução do estresse durante a ordenha e promovendo a sustentabilidade do setor, otimizando a utilização dos recursos naturais e minimizando as repercussões ambientais.

Este estudo investiga de que maneira a gestão da qualidade e o uso de tecnologias de automação influenciam o dia a dia da produção leiteira, especialmente em termos de eficiência, sustentabilidade e bem-estar animal.

Para atender os objetivos propostos o estudo foi dividido em 4 capítulos construído a partir desta introdução. O capítulo 2 traz a revisão da literatura que aborda o sistema de gestão na produção leiteira, gestão da qualidade na produção leiteira, tecnologias de automação aplicadas à gestão da qualidade na produção leiteira, benefícios e desafios da automação na pecuária leiteira e sistemas automatizados de ordenha.

O capítulo 3 descreve a metodologia e capítulo 4 o estudo de caso relatando a estrutura e roteiro de ordenha da propriedade rural, a preparação do ambiente, a condução e manejo dos animais, a higienização pré-ordenha, a acoplagem das teteiras, pós-ordenha, coleta e armazenamento do leite, limpeza e higienização do equipamento, registro de dados e, por fim para a proposta de intervenção para o caso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SISTEMA DE GESTÃO NA PRODUÇÃO LEITEIRA

A produção de leite envolve uma série de atividades que precisam funcionar de forma organizada para garantir eficiência, qualidade e sustentabilidade. Por isso, propriedades leiteiras de diferentes portes passaram a adotar sistemas de gestão que integram planejamento, controle e análise das operações do dia a dia. Segundo Diavão et al. (2024), um sistema de gestão bem estruturado inclui desde aspectos ligados ao manejo dos animais até áreas como finanças, qualidade do leite, nutrição e controle sanitário.

Na prática, isso significa acompanhar informações sobre o rebanho — genealogia, produção diária, saúde, reprodução e mortalidade — por meio de registros e softwares que facilitam a tomada de decisões (Santos, 2024). Essa organização permite que o produtor identifique rapidamente problemas, como queda na produção ou alterações no comportamento do animal.

A alimentação, por exemplo, é um dos pilares da produtividade. Conforme Santos (2019), o planejamento nutricional precisa considerar o estágio produtivo de cada vaca, garantindo que os animais recebam os nutrientes adequados. Da mesma forma, o controle sanitário tem papel fundamental na prevenção de doenças que podem comprometer o rebanho e a qualidade do leite.

Além disso, um sistema de gestão eficiente deve incluir o controle financeiro da propriedade. Monitorar receitas, despesas e custos operacionais ajuda o produtor a identificar pontos de melhoria e oportunidades de investimento (Diavão et al., 2024). Outro componente importante é a gestão ambiental, que orienta práticas sustentáveis, como manejo de resíduos e uso racional de água e energia (Santos, 2019).

A vigilância de parâmetros como contagem de células somáticas, detecção de resíduos e temperatura do leite garantem os padrões de mercado e proteger a saúde

do consumidor. O treinamento e a supervisão do pessoal envolvido nas atividades de produção são essenciais para manter a qualidade e a eficiência operacional (Latchuk, 2020).

O sistema de gestão também deve abranger a supervisão de custos, receitas, investimentos e dinâmica do fluxo de caixa. Essa supervisão financeira abrangente permite a identificação de oportunidades de redução de custos e o aumento da lucratividade (Diavão *et al.*, 2024).

A gestão ambiental, por outro lado, busca mitigar os impactos ecológicos da pecuária leiteira, defendendo a utilização racional dos recursos naturais, o tratamento adequado dos resíduos e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis (Santos, 2019).

As vantagens de um sistema de gestão estruturado é a melhoria da produtividade e qualidade do leite; a diminuição dos gastos operacionais; a melhoria do bem-estar animal; o aumento da supervisão financeira; a adesão às regulamentações legais e de saúde; e o acesso a segmentos de mercado mais competitivos (Diavão *et al.*, 2024).

A implementação de um sistema de gestão na produção de leite representa um investimento estratégico que facilita uma maior supervisão sobre cada fase do continuum de produção. Ele permite a identificação rápida de problemas, a execução de iniciativas de melhoria contínua e o aprimoramento da competitividade no mercado. O sucesso nas empresas de laticínios contemporâneas depende cada vez mais da adoção de metodologias de gestão eficazes baseadas em dados e de uma busca inabalável pela qualidade (Santos, 2019).

A administração de uma fazenda leiteira apresenta desafios significativos, e a execução de estratégias de gestão eficazes que geram maior lucratividade para a empresa agrícola e a adoção de um sistema de gestão bem estruturado permite que o produtor tenha uma visão mais ampla da propriedade, favorecendo decisões estratégicas, redução de custos e melhoria contínua. (Santos, 2019).

2.2 GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO LEITEIRA

A qualidade do leite é resultado de um conjunto de práticas que começam no campo e seguem até o processamento industrial. Krauspenhaar (2024) destaca que a gestão da qualidade na produção leiteira envolve ações que garantem que o produto final seja seguro, nutritivo e livre de contaminantes.

Os princípios fundamentais da gestão da qualidade na produção de leite são baseados na qualidade do leite em si e estão sujeitos a uma infinidade de fatores de influência, incluindo, mas não se limitando à nutrição animal, ao manejo sanitário, ao procedimento de ordenha, bem como ao armazenamento e transporte subsequentes (Müller; Rempel, 2021).

Essa gestão é fundamentada nas Boas Práticas Agropecuárias (BPA), que orientam atividades como manejo correto dos animais, higiene do ambiente e do ordenhador, controle de equipamentos e monitoramento da saúde do rebanho (Linhares, Landin e Ribeiro, 2021). As análises laboratoriais complementam esse processo ao verificar parâmetros como gordura, proteína e presença de resíduos ou microrganismos (Rentero, 2021).

Normas e legislações do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e da AN Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também atuam como referências para padronizar procedimentos e garantir segurança ao consumidor (Krauspenhaar, 2024).

2.2.1 Benefícios da gestão da qualidade na produção leiteira

O Quando aplicada de forma sistemática, a gestão da qualidade proporciona diversos resultados positivos como maior segurança alimentar por meio da mitigação da contaminação microbólica e química; produtividade aumentada facilitada pela rápida identificação de problemas relacionados ao rebanho e pela otimização dos processos de produção; avanços no bem-estar animal alcançados por meio da adoção de tecnologias projetadas para aliviar o estresse e promover a melhoria da saúde animal; sustentabilidade caracterizada pela minimização do desperdício de leite, utilização mais eficiente dos recursos alimentares e redução da pegada ambiental; aumento da competitividade de mercado resultante da produção de leite que adere a elevados padrões de qualidade, satisfazendo as demandas dos consumidores e da indústria (Carvalho, 2023).

2.2.2 Desafios da gestão da qualidade na produção leiteira

Apesar dos benefícios, a implementação exige investimentos em equipamentos, treinamento da equipe e adaptação a normas e certificações (Carvalho, 2023).

Em regiões rurais, fatores como conectividade limitada e dificuldades de acesso à tecnologia também podem dificultar o processo (Silva, 2024).

2.3 TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO APLICADAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO LEITEIRA

O avanço tecnológico vem transformando a pecuária leiteira. A automação passou a ser uma aliada dos produtores ao facilitar o monitoramento dos animais, melhorar a eficiência e promover a qualidade do leite (Gonsales, 2024).

Segundo Silva *et al.* (2025), inovações como sensores, câmeras softwares de gestão, robôs de ordenha e sistemas de rastreabilidade ampliaram o controle sobre cada etapa da produção.

A Inteligência Artificial também ganhou espaço ao permitir a análise de grandes volumes de dados, ajudando o produtor a tomar decisões mais precisas (Barbosa e Portes, 2019). Quando combinada com a Internet das Coisas (IoT), possibilita o acompanhamento do rebanho em tempo real, fornecendo informações sobre nutrição, saúde e produção.

Esses avanços permitem monitorar temperatura, umidade, mastigação, comportamento e até a movimentação dos animais. Dados coletados durante o processo de ordenha podem ser exportados para softwares e planilhas, facilitando análises e auxiliando o produtor a corrigir falhas rapidamente (Santos, 2024).

A vigilância do gado leiteiro, a administração do rebanho, a regulamentação da produção individual de cada animal, a acessibilidade aos dados sobre a qualidade do leite produzido, a supervisão da vacinação (incluindo antibióticos e vacinas), o exame das estatísticas de saúde animal, a identificação de ovos adequados para inseminação e a supervisão financeira representam sistemas que facilitam a exportação de dados para aplicativos, como o Excel, disponibilizando os dados adquiridos para o gerente de processo utilizar na tomada de decisões e no controle operacional (Santos, 2024).

A regulamentação do processo garante a confiabilidade nas operações e permite o monitoramento dos tratamentos administrados a cada animal, permitindo a avaliação de cada animal caso a caso, o que é fundamental para melhorar o desempenho e a produtividade do rebanho produtor de leite (Lely, 2019).

Historicamente, a identificação dos animais era executada manualmente, o que aumentava a probabilidade de erros, já que essa metodologia depende muito da atenção do operador. Quanto maior o rebanho, mais difícil se torna implementar essa supervisão manual e, por esse motivo, é necessário automatizar esse processo para mitigar erros (Lely, 2024).

A tendência é que o uso dessas tecnologias continue crescendo, principalmente com o incentivo a políticas públicas e investimentos em capacitação de produtores (Silva et al., 2025).

2.3.1 Sensores de monitoramento da saúde animal

Sensores inteligentes têm ganhado destaque na pecuária moderna por permitirem o acompanhamento individual de cada vaca. Coleiras, brincos eletrônicos e *microchips* implantados subcutaneamente no animal registram informações como produção de leite, tempo de ruminação, temperatura corporal e movimentação (Santos, 2019).

Coleiras eletrônicas foram desenvolvidas para auxiliar nas funções de controle animal, com a intenção de aumentar a lucratividade no agronegócio (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Colar eletrônico utilizado para a identificação do animal



Fonte: Santos (2019, p. 21)

As coleiras eletrônicas emitem um sinal que é capturado por um dispositivo, que decodifica as informações e apresenta ao operador dados referentes ao animal durante todo o processo. Essas informações, em conjunto com o sistema de ordenha, ajudam a produção diária, mensal e anual de leite do animal (Santos, 2019).

Coleiras inteligentes documentam a atividade das vacas, diferenciando o calor e as modificações comportamentais. Além disso, por meio dos dados coletados pela coleira eletrônica é possível monitorar a ruminação e o comportamento dos animais, mantendo um registro individual de cada vaca dentro do rebanho. O produtor pode acessar facilmente todas essas informações via computador ou dispositivo móvel. Esses dispositivos também funcionam como uma forma de identificação eletrônica do animal (Santos, 2019).

Esses dispositivos ajudam a identificar precocemente problemas de saúde, como mastite ou estresse térmico (Arantes, Silva e Silva Júnior, 2024).

Essas informações permitem intervenções rápidas e melhoram a gestão do rebanho, além de auxiliar na programação da ordenha e alimentação. O sistema permite a criação de diversos alertas personalizados, adaptados aos requisitos distintos de cada usuário. Ele também rastreia os movimentos dos animais dentro do confinamento. Caso algum animal apresente movimento, o sistema envia um alerta ao operador, solicitando um exame para verificar a presença de algum problema de saúde com o animal (Santos, 2019).

Os sensores de monitoramento, independentemente de sua conexão com os animais, auxiliam no exame da dinâmica do rebanho e da saúde geral através de microfones, acelerômetros e sensores meteorológicos.

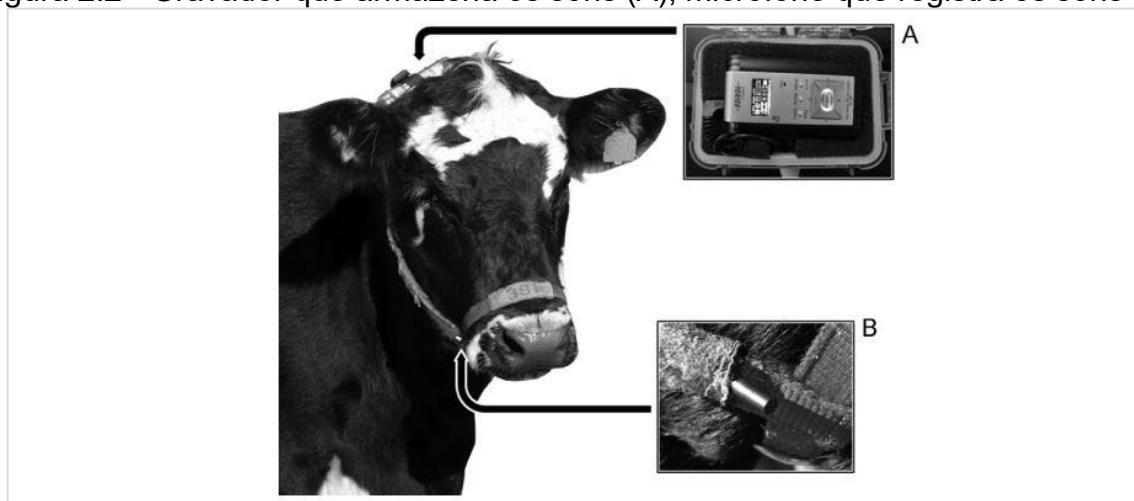
Microfones são posicionados próximos à cavidade oral do animal são colocados para capturar os fenômenos auditivos associados à mastigação e à mordida para avaliar a duração do pastoreio e os padrões de locomoção exibidos pelos animais (Figura 2.2). Por meio da aplicação da análise de frequência sonora identificam-se eventos de pastoreio por longos períodos (Santos, 2019).

Microfones e acelerômetros também são utilizados para monitorar alimentação, comportamento e sinais de desconforto.

Os sensores climáticos são posicionados sistematicamente em toda a propriedade para permitir um monitoramento ambiental abrangente, coletando dados sobre os níveis de temperatura, umidade e precipitação. Essas informações são fundamentais para o manejo eficiente do gado, particularmente no que diz respeito ao alívio do estresse térmico (Santos, 2019).

Sensores de temperatura e ruminação são capazes de detectar indicadores de doenças antes da manifestação de sintomas evidentes (Arantes, Silva, Silva Júnior, 2024).

Figura 2.2 - Gravador que armazena os sons (A), microfone que regista os sons (B)



Fonte: Santos (2019, p.22)

A análise do leite em tempo real pode ser conduzida utilizando equipamentos que avaliam a qualidade do leite in situ durante o processo de ordenha. Colares e brincos inteligentes são utilizados para monitorar a saúde e o comportamento do rebanho, facilitando a detecção precoce de doenças (Santos, 2019).

2.3.2 Sistemas de rastreabilidade e controle de qualidade

Os sistemas de rastreabilidade acompanham o percurso do leite desde a ordenha até o consumidor final, garantindo transparência e segurança alimentar. Tecnologias como softwares de gestão agrícola, blockchain e IoT tornam o processo mais confiável (Carneiro, 2024).

A rastreabilidade no setor de laticínios garante que cada litro de leite possa ser rastreado desde o ponto de ordenha até o consumidor final. As tecnologias empregadas abrangem *software* de gerenciamento agrícola que combina dados sobre produção, nutrição, saúde do rebanho e reprodução, juntamente com aplicativos de *blockchain* e Internet das Coisas (IoT) que mantêm a transparência na cadeia de produção, garantindo a confiabilidade dos dados (Carneiro, 2024).

A cadeia de suprimentos de laticínios é caracterizada por sua complexidade, abrangendo vários estágios, desde a produção até a eventual distribuição ao consumidor. É importante ressaltar as funções dos produtores de leite, cooperativas, instalações de processamento, atacadistas e varejistas. A tecnologia *blockchain* se destaca como um avanço significativo, unindo rastreabilidade, transparência e segurança alimentar (Carneiro, 2024).

Grandes empresas, como a Nestlé, já utilizam *blockchain* para rastrear a origem do leite e comprovar boas práticas de produção (Santos, 2019). Apesar dos benefícios, pequenos produtores ainda enfrentam desafios em função do custo e da necessidade de infraestrutura adequada.

As principais vantagens da tecnologia *blockchain* são maior acessibilidade às informações e maior segurança alimentar (por meio da qual o acesso aprimorado às informações capacita os indivíduos a verificarem a procedência e a qualidade dos produtos). Isso complica o potencial de adulteração (já que toda a cadeia de suprimentos está sujeita a escrutínio), maior segurança alimentar e maior valorização do produto, já que as práticas de rastreabilidade funcionam como uma característica distintiva no mercado (Santos, 2019).

Contudo, a implantação da tecnologia *blockchain* continua enfrentando impedimentos, especialmente para produtores menores, o que pode ser atribuído aos investimentos financeiros significativos e à necessidade de recursos computacionais especializados. Apesar desses desafios, essa tecnologia apresenta resultados promissores e espera-se que se consolide firmemente no mercado (Santos, 2019).

2.3.3 Manejo de pastagens

O manejo eficiente das pastagens contribui para uma melhor sustentabilidade da propriedade. Hoje, drones e imagens de satélite auxiliam na avaliação da qualidade da forragem e na identificação das áreas mais adequadas para pastejo (Silva e Salgado, 2025). Essas ferramentas melhoraram o planejamento e evitam a degradação ambiental do solo.

Modelos baseados em imagens de satélite permitem a vigilância e a projeção da disponibilidade de forragem para os próximos meses, além de fornecer informações sobre a qualidade dessa forragem (Silva; Salgado, 2025).

Os drones facilitam a tomada de decisões imediatas ao discernir quais regiões de pastagem estão preparadas para utilização, enquanto as imagens de satélite são mais adequadas para análises preditivas (Silva; Salgado, 2025).

2.3.4 Automação na nutrição e alimentação do gado

A alimentação representa a maior parte dos custos de produção. Por isso, tecnologias de nutrição de precisão permitem oferecer a quantidade exata de alimento para cada vaca, evitando desperdícios e melhorando a produtividade (Gonsales, 2024).

A nutrição representa um componente crítico dos gastos de produção, potencialmente representando até 70% dos custos gerais. O planejamento é fundamental para reduzir o desperdício e garantir que as formulações dietéticas satisfaçam adequadamente os requisitos específicos do gado (Gonsales, 2024).

Comedouros automatizados ajustam a oferta de ração com base no consumo individual, enquanto sistemas robotizados integram alimentação e ordenha, reduzindo o estresse dos animais (Carneiro, 2024).

A alimentação das vacas leiteiras tem impacto direto na qualidade e volume da produção de leite. Sistemas automatizados garantem que cada animal receba a quantidade exata de nutrientes necessários (Carneiro, 2024).

2.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA AUTOMAÇÃO NA PECUÁRIA LEITEIRA

A automação traz ganhos em produtividade, melhoria da qualidade do leite, bem-estar animal, sustentabilidade e redução de custos operacionais (Embrapa, 2024).

O aumento da produtividade ocorre porque processos otimizados permitem maior produção de leite com menos recursos, processos mais rápidos e eficientes, permitem a ordenha de um maior número de animais em menos tempo. Além disso, a automação reduz contaminações e controle rigoroso de parâmetros como temperatura, células somáticas e presença de resíduos com a melhora o controle sanitário melhorando a qualidade do leite. Com essas tecnologias, é possível detectar precocemente doenças, acompanhar a produção de leite em tempo real e ajustar a alimentação conforme as necessidades de cada vaca, reduzindo o estresse e aumentando a longevidade dos animais (Embrapa, 2024).

Do ponto de vista ambiental, a produção leiteira automatizada também contribui para a sustentabilidade. A utilização racional de recursos naturais, como água e energia, é otimizada por meio de sistemas inteligentes. Além disso, tecnologias de gestão de resíduos e reaproveitamento de dejetos para produção de biogás ou fertilizantes naturais ajudam a minimizar os impactos ambientais da atividade. Desta forma, a sustentabilidade é percebida a partir do uso mais eficiente da água, menor desperdício de alimentos e redução da pegada de carbono. Menos desperdício e maior eficiência diminuem os custos de produção (Nannini, 2023).

A redução dos custos operacionais é notada através da menor necessidade de trabalhadores para realizar a ordenha, com possibilidade de redirecionamento da equipe para outras atividades na fazenda (Embrapa, 2024).

O bem-estar animal, um dos pilares da pecuária moderna, está diretamente relacionado à saúde, ao conforto e ao comportamento natural dos bovinos. Sistemas automatizados, como ordenhadeiras robotizadas, sensores de monitoramento e alimentação inteligente, permitem um cuidado mais preciso e individualizado com os animais. O bem-estar animal reduz o estresse e monitoramento constante da saúde dos animais. Equipamentos modernos oferecem maior conforto às vacas, com ordenha mais suave, no caso de sistemas robotizados (Nannini, 2023).

Para garantir o bem-estar animal existem dispositivos presentes nos estábulos que proporcionam um conforto animal, segundo pesquisas quanto maior o conforto ao animal maior será a produção de leite e as soluções automatizadas que são instaladas nos locais onde as vacas se alimentam e descansam, que proporcionam bem-estar aos animais e diminui o estresse (Delaval, 2023).

Basicamente, os animais se deslocam até estes dispositivos, que são acionados por um sensor que detecta a presença do animal e começa a rotacionar uma escova com cerdas macias que faz a limpeza e massagem nas vacas (Delaval, 2023).

Estes dispositivos realizam uma massagem no animal e, também, fazem a higiene do dorso do animal, o que proporciona maior rendimento na produção de leite. O sistema rotativo faz uso de escova que imitam o comportamento natural de limpeza dos animais, além de promover uma redução do estresse que é causado devido ao tédio do confinamento conforme se observa na Figura 2.3 (Santos, 2019).

Figura 2.3 - Escova rotativa



Fonte: Santos (2019, p. 35)

Em propriedades menores os dejetos gerados pelos animais são raspados de forma manual. Em propriedades com vários animais é produzida uma quantidade grande de dejetos, sendo comum a utilização de tratores de pequeno porte. A implantação de sistemas de automação nas propriedades rurais introduziu o uso do raspador de dejetos automático, também denominado *scraper*, que em intervalos de tempo pré-programados realizam a raspagem dos dejetos, sem depender de operadores (Figura 2.4). Desta forma, o tempo antes destinado para a limpeza do estábulo pode ser utilizado para outras atividades na propriedade (Gea, 2019).

Figura 2.4 - Raspador automático de dejetos



Fonte: Santos (2019, p. 35)

Apesar dos inúmeros benefícios, a implementação da automação na pecuária leiteira ainda enfrenta desafios, como, por exemplo, o alto custo inicial de investimento. Muitos pequenos produtores encontram dificuldades para adquirir e instalar essas tecnologias (Embrapa, 2025).

Outro desafio consiste na necessidade de capacitação técnica. Produtores e funcionários precisam ser treinados para operar e manter os sistemas automatizados. Além disso, regiões rurais podem ter limitações de conectividade e acesso a suporte técnico especializado (Embrapa, 2025).

A produção leiteira automatizada representa um avanço significativo rumo a uma pecuária mais ética, eficiente e sustentável. Ao integrar tecnologia, cuidado com os animais e preservação do meio ambiente, esse modelo atende às exigências do mercado atual e contribui para a construção de um futuro mais equilibrado e consciente no setor agropecuário (Santos, 2019).

2.5 SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ORDENHA

A ordenha pode ser manual ou mecânica. A mecanização evoluiu para diferentes sistemas, como balde ao pé, espinha de peixe, side by side, carrossel e, mais recentemente, a ordenha robotizada (Santos, 2019).

A ordenha manual resume a técnica fundamental de extração de leite, executada pelas mãos do ordenhador, e pode ocorrer com ou sem a presença do bezerro, tornando-a mais adequada para rebanhos menores ou cenários nos quais a ordenha mecânica se mostra impraticável (Correa; Horst, 2020).

Em resposta ao imperativo de aumentar a eficiência da produção de leite dentro de prazos condensados, várias metodologias foram desenvolvidas para otimizar as práticas de ordenha na agricultura leiteira, facilitando a transição de sistemas manuais convencionais para sistemas mecanizados sofisticados (Correa; Horst, 2020).

A ordenha mecânica utiliza aparelhos especializados para auxiliar na extração do leite, que podem ser implementados por meio de diversas configurações, como sistemas de baldes ambulantes e ordenha canalizada, diferenciados por projetos de linha alta, baixa linha ou espinha de peixe e carrossel, dependendo da disposição espacial do equipamento (Santos, 2019).

É importante reconhecer que a ordenha canalizada representa uma estrutura mecânica de ordenha em que o leite é extraído diretamente do gado e posteriormente transportado através de uma rede de dutos (linhas de leite) para um aparelho de resfriamento ou armazenamento, evitando a necessidade de transporte manual de leite em recipientes (Santos, 2019).

As variações predominantes das infraestruturas de ordenha canalizada abrangem sistemas de ordenha em espinha de peixe, lado a lado e em carrossel (Correa; Horst, 2020).

A metodologia mecanizada facilita uma extração mais rápida do leite em comparação com a abordagem manual, diminuindo simultaneamente o risco de contaminação do leite (Santos, 2019).

A seleção da técnica de ordenha exige uma análise cuidadosa das características específicas da operação, incluindo o tamanho do rebanho, as capacidades de infraestrutura e os recursos financeiros disponíveis para investimento. Embora a ordenha mecânica tenha o potencial de aumentar a eficiência da produção, ela gera um gasto financeiro inicial consideravelmente maior (Correa; Horst, 2020).

Destaca-se neste estudo a automação na ordenha. Os sistemas de ordenha automatizada substituem a ordenha manual e mecânica tradicional, trazendo diversos benefícios, como maior eficiência e produtividade, pois a ordenha automatizada pode ser realizada várias vezes ao dia sem intervenção humana e redução do estresse animal, pois os robôs de ordenha são projetados para respeitar o comportamento natural das vacas (Correa; Horst, 2020).

No Brasil, a automação revolucionou o processo de produção de leite, impulsionada pela busca por maior eficiência e redução de custos. Os avanços tecnológicos, particularmente na tecnologia robótica, demonstraram eficácia como meio de otimizar a produção e melhorar as condições de trabalho dos produtores, permitindo que o gado se envolva de forma autônoma com o aparato de ordenha, aliviando os níveis de estresse e melhorando o bem-estar animal (Gonçalves; Tomazi; Santos, 2017).

Entre os principais equipamentos utilizados estão ordenhadores mecânicos, sistemas de ordenha tubulados, tanques de resfriamento e robôs de ordenha (Gonçalves, Tomazi, Santos, 2017).

2.5.1 Sistema de ordenha balde ao pé

O sistema de ordenha conhecido como balde é um dos métodos mais tradicionais para extração de leite em operações de laticínios de pequeno e médio porte em todo o Brasil (Santos, 2019).

Na técnica de ordenha balde a pé, utiliza-se uma compilação de bules, um tubo de vácuo curto, um balde coletor (normalmente construído em aço inoxidável ou alumínio) e uma máquina de ordenha que incorpora uma bomba de vácuo (Gonçalves, Tomazi, Santos, 2017).

Durante todo o procedimento de ordenha, o leite é extraído diretamente do gado por meio de bules e, posteriormente, transportado por meio de um arranjo compacto de mangueiras até o balde posicionado ao lado da vaca, adquirindo a denominação “no pé”.

A Figura 2.5 ilustra o sistema de ordenha do balde ao pé (Gonçalves, Tomazi, Santos, 2017).

Figura 2.5 - Sistema de ordenha balde ao pé



Fonte: Rabello (2025)

No sistema as teteiras são peças de silicone ou borracha que são acopladas aos tetos da vaca. O coletor de leite faz a separação do ar e do leite e as mangueiras transportam o leite e o vácuo. O balde é o recipiente onde o leite é coletado com capacidade média de 20 a 30 litros. A unidade de vácuo cria a pressão necessária para a extração do leite (Santos, 2019).

As vantagens da ordenha balde ao pé são:

- baixo custo inicial – ideal para pequenos produtores;
- facilidade de instalação – não requer grandes modificações na estrutura da fazenda;
- mobilidade – o equipamento pode ser transportado de um animal para outro com facilidade;
- baixa manutenção – simples de limpar e de operar (Rabello, 2025).

As desvantagens e limitações deste sistema são:

- maior esforço físico – o ordenhador trabalha agachado ou curvado durante boa parte do tempo;
- baixo nível de automação – exige maior dependência de mão de obra;
- risco de contaminação – o leite fica mais exposto ao ambiente durante a coleta;
- menor eficiência em grandes rebanhos – não é recomendado para fazendas com muitos animais (Rabello, 2025).

O sistema de ordenha balde ao pé requer cuidados importantes como limpeza rigorosa de todos os componentes após cada ordenha, higienização das mãos e das tetas dos animais antes da ordenha, controle do vácuo para evitar lesões nas tetas das vacas e resfriamento rápido do leite logo após a coleta para evitar deterioração (Correa; Horst, 2020).

Para quem começa com o sistema balde ao pé, uma evolução comum é migrar futuramente para sistemas mais modernos como ordenha canalizada, ordenha em espinha de peixe e ordenha robotizada. Essa migração depende do crescimento do rebanho e da capacidade de investimento da propriedade (Piccoli, 2019).

2.5.2 Sistema de ordenha espinha de peixe (fishbone)

Na pecuária leiteira contemporânea, juntamente com a ordenha manual, existem sistemas de ordenha canalizados e robóticos, caracterizados por várias configurações físicas de salas de ordenha que buscam aprimorar o manejo dos animais e aumentar a eficiência operacional. Entre os modelos mais frequentemente empregados estão a ordenha com espinha de peixe e a ordenha lado a lado (ou paralela) (Santos, 2019).

São características desse tipo de ordenha o alinhamento das vacas em um ângulo que varia de 30° a 45° em relação ao operador, formando uma forma que lembra uma espinha de peixe, daí o seu nome (Bravo, 2025).

As vacas são dispostas lado a lado, embora com uma leve inclinação, permitindo que o ordenhador tenha acesso aos úberes pela parte traseira dos animais, conforme ilustrado na Figura 2.6 (Bravo, 2025).

As vantagens do sistema de ordenha espinha de peixe relacionam: boa visibilidade das vacas por parte do operador; facilidade de manejo, pois os animais entram e saem com relativa rapidez; custo de instalação geralmente menor que o sistema *side by side*; boa ergonomia para o ordenhador (Santos, 2019).

Dentre as limitações do sistema de ordenha espinha de peixe está o acesso ao úbere que é lateral e pode gerar desconforto para o ordenhador em longas jornadas além da menor densidade de vacas por metro linear de sala se comparado ao *side by side* (Santos, 2019).

Figura 2.6 - Sistema de ordenha espinha de peixe



Fonte: Bravo (2025)

O sistema de ordenha espinha de peixe é indicado para propriedades de pequeno a médio porte e rebanhos com volume de ordenha intermediário (Bravo, 2025).

2.5.3 Sistema de ordenha side by side (paralela)

No sistema de ordenha *side by side* (paralela) as vacas são posicionadas perpendicularmente ao operador, ou seja, ficam lado a lado, com os úberes todos voltados para a mesma direção (a traseira para o operador), em um ângulo de 90° e permite o acesso direto e traseiro aos úberes dos animais como se observa na Figura 7 (Correa; Horst, 2020).

Figura 2.7- Sistema de ordenha *side by side*



Fonte: Agroexpo (2025)

A automação na ordenha *side by side* ajuda a identificar problemas que podem afetar a qualidade do leite ou até levar à perda da produção se não forem resolvidos. Os sistemas usados nesse processo são controlados por computadores, Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e painéis com Interface Homem-Máquina (IHM), que dão suporte ao operador na gestão da sala de ordenha conforme demonstra a Figura 2.8. Além disso, informações importantes de gerenciamento são exibidas no sistema de gestão, facilitando o trabalho do responsável pela produção na propriedade (Santos, 2019).

Figura 2.8 - Sistemas IHM e CLP utilizados na ordenha *side by side*



Fonte: Santos (2019, p. 26)

Esse método mecanizado permite que a ordenha seja feita de forma mais rápida do que o método manual, além de reduzir o risco de contaminação do leite (Santos, 2019).

As vantagens do sistema de ordenha *side by side* relacionam maior densidade de vacas por metro linear de sala, maior velocidade na entrada e saída das vacas (uso de portas pneumáticas ou hidráulicas que liberam os animais simultaneamente), melhor aproveitamento de espaço físico e facilita a instalação de sistemas de ordenha de alto rendimento e medição automática (Correa; Horst, 2020).

O sistema de ordenha *side by side* possui limitações como custo de instalação mais alto, devido à estrutura e ao sistema de movimentação dos animais, menor visibilidade lateral dos animais durante a ordenha e a exigência de mais tecnologia e um projeto de sala de ordenha mais bem planejado (Correa; Horst, 2020).

Este sistema é indicado para fazendas de médio a grande porte, rebanhos com número elevado de vacas em lactação e produtores que buscam maior velocidade de ordenha e redução de mão de obra (Santos, 2019).

A escolha entre espinha de peixe e *side by side* depende principalmente do tamanho do rebanho, recursos financeiros disponíveis, objetivo de produção e infraestrutura da propriedade. Ambos os sistemas são eficientes e representam um avanço importante em relação à ordenha manual ou balde ao pé, trazendo benefícios em produtividade, conforto animal e qualidade do leite (Santos, 2019).

2.5.4 Sistema de ordenha carrossel ou rotatória

A ordenha carrossel ou ordenha rotatória é um dos sistemas de ordenha mais avançados e eficientes usados na pecuária leiteira de médio e grande porte. O nome carrossel vem do formato circular e do movimento rotatório da plataforma onde as vacas ficam posicionadas durante a ordenha (Correa; Horst, 2020).

A ordenha carrossel é comum em grandes fazendas leiteiras, principalmente em regiões com produção intensiva de leite, como: Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo) e grandes bacias leiteiras em países como EUA, Nova Zelândia e Austrália (Forbes Agro, 2022).

No sistema de ordenha carrossel as vacas entram uma a uma em plataformas circulares com compartimentos individuais (Figura 2.9).

Figura 2.9 - Sistema de ordenha carrossel



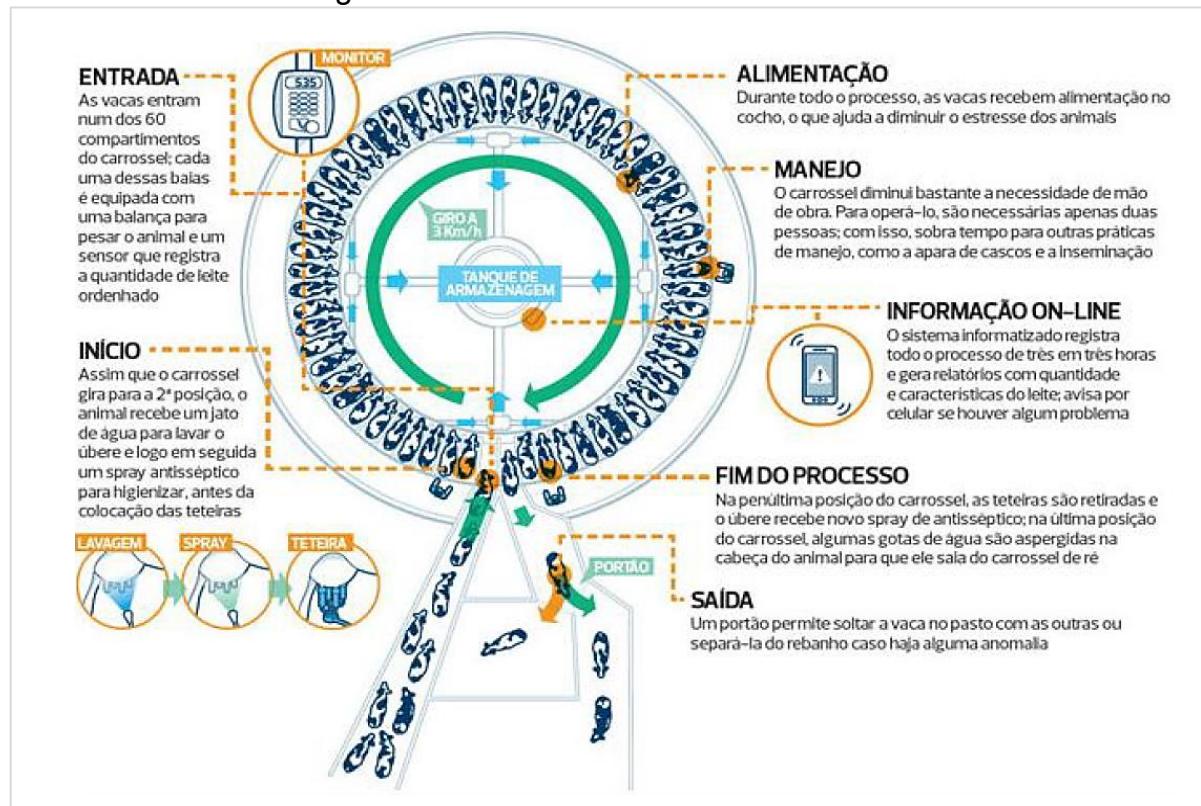
Fonte: Delaval (2023)

Nesse sistema, a plataforma gira lentamente, com velocidade média de 3 km/h permitindo que o operador conecte o equipamento de ordenha às vacas durante o movimento. Enquanto a plataforma completa uma volta, o processo de ordenha acontece. Ao final do ciclo, as vacas saem automaticamente da plataforma após a conclusão da ordenha. O tanque de armazenagem do leite fica no centro da ordenha carrossel (Forbes Agro, 2022).

Quando a vaca entra na estação de ordenha, o operador realiza a limpeza das tetas e acopla as teteiras. Cada estação possui uma balança para pesar o animal e um sensor que registra o volume de leite produzido. Para reduzir o estresse, as vacas recebem ração durante a ordenha. Ao final do percurso de 360 graus no carrossel, o processo é encerrado, as teteiras se desprendem de forma automática, é aplicado um spray desinfetante nas tetas e a vaca é liberada para deixar o equipamento (Santos, 2019).

O sistema de ordenha carrossel possui como característica o formato - plataforma circular rotativa, a movimentação - contínua e lenta, com fluxo constante de entrada e saída de vacas, a capacidade que pode comportar de 20 a mais de 80 vacas ao mesmo tempo, dependendo do tamanho do carrossel e a tecnologia que pode ser totalmente automatizada, com sensores para controle da produção, detecção de mastite, e até identificação individual das vacas por *chips*. A Figura 2.10 demonstra o método de ordenha carrossel (Forbes Agro, 2022).

Figura 2.10 - Método de ordenha carrossel



Fonte: Taguchi (2019, p. 26)

O sistema é vantajoso pelo alto rendimento que permite a ordenha de muitas vacas em um curto espaço de tempo. Dependendo da instalação pode-se ordenhar mais de 400 vacas por hora. Outra vantagem do sistema é o fluxo contínuo, pois as vacas estão sempre entrando e saindo, sem interrupções no processo. O menor

tempo de ordenha reduz o tempo total necessário para ordenhar todo o rebanho. O conforto para o operador é uma evidência, pois este permanece parado no mesmo local enquanto a plataforma gira, o que reduz a fadiga (Taguchi, 2019).

Em sistemas de ordenha carrossel a automação e controle de dados permitem o acompanhamento individual da produção de leite de cada vaca. A movimentação suave e sem estresse no manejo promove o conforto animal (Taguchi, 2019).

Destacam-se como limitações da ordenha carrossel o alto custo de instalação e manutenção na medida em que exige grande investimento em infraestrutura e equipamentos, espaço físico, pois requer uma estrutura ampla para a instalação da sala de ordenha rotatória, a necessidade de mão de obra especializada tanto para a operação quanto para a manutenção técnica sendo mais indicada para grandes rebanhos, pois não é economicamente viável para pequenas propriedades (Mioso, 2017).

A ordenha carrossel é uma solução moderna, eficiente e de alta capacidade, ideal para produtores que lidam com grandes rebanhos e buscam maximizar a produtividade, reduzir o tempo de ordenha e melhorar o controle sobre a produção individual de cada vaca. Embora exija um investimento significativo, os benefícios em escala e eficiência podem compensar o custo a longo prazo (Forbes Agro, 2022).

2.5.5 Sistema de ordenha robotizada

A ordenha robotizada representa o que há de mais moderno e tecnológico na produção leiteira. Também conhecida como Sistema de Ordenha Automático (*Automatic Milking System*, AMS) ou Sistema de Ordenha Voluntário (*Voluntary Milking System*, VMS), insere a automação em grande escala na produção leiteira e tem revolucionado a forma como os produtores lidam com o manejo de vacas leiteiras, unindo produtividade, bem-estar animal e gestão inteligente da produção (Bordin, 2024).

A primeira ordenha robotizada no Brasil foi instalada em 2012 e, desde então, a tecnologia tem se popularizado, com empresas oferecendo sistemas de ordenha voluntária. A automação permite maior frequência de ordenha, resultando em aumento da produção de leite por vaca e melhoria da qualidade (Bordin, 2024).

Neste sistema, o processo de ordenha é totalmente automatizado. As vacas têm liberdade para escolher o momento da ordenha, entrando sozinhas na unidade de ordenha robótica. Basicamente, as vacas se apresentam para a retirada do leite de forma voluntária, ou seja, assim que a vaca percebe que seus úberes estão doendo ou com algum incômodo, ela reconhece que chegou a hora de ser ordenhada e se direciona ao robô para que seja retirado o seu leite. Cada robô possui capacidade para ordenhar, em média, de 60 a 80 vacas por dia e já existem sistemas com robôs com atuação dupla, com capacidade entre 120 e 160 animais por dia (Santos, 2019).

Ao entrar, o robô realiza todas as etapas, ou seja: identificação da vaca através de sensores ou coleiras com *chips*; higienização dos tetos: o robô faz a limpeza e preparo do úbere; acoplamento automático das teteiras - um braço robótico posiciona as teteiras com precisão; ordenha controlada - o sistema monitora o fluxo de leite e realiza a retirada de cada teto de forma individualizada, conforme a produção; finalização e higienização: após a ordenha, há uma nova limpeza dos tetos e do equipamento (Bordin, 2024).

A Figura 2.11 apresenta uma ordenha robotizada, onde o operador que fazia a ordenha manual é substituído por braços mecânicos comandados por computadores.

Figura 2.11 - Ordenha robotizada



Fonte: Santos (2019, p. 30)

Observa-se na Figura 2.12 que o sistema de ordenha robotizada possui uma tela onde são expostas as informações em tempo real do controle da produção de leite, o registro do tempo da ordenha e o registro do histórico de cada animal (Santos, 2019).

Figura 2.12 - Tela do sistema de ordenha robótica



Fonte: Santos (2019, p. 31)

Na tela apresentada na Figura 2.12 são apresentados o tempo que a ordenha está em trabalho, a produção de cada teto e o tempo em que foi finalizada a produção de cada teto. Caso ocorram registros de pouco tempo de ordenha em algum dos tetos, o sistema gera um alerta para que o responsável verifique se existe alguma irregularidade com o animal (Santos, 2019).

No sistema de ordenha robotizado a entrada e saída do gado são reguladas por portões automatizados e, ao entrar na área de ordenha, o robô reconhece o animal por meio de uma coleira eletrônica e verifica se o animal já foi ordenhado. Nesse caso, o portão se abre, permitindo que o animal saia do aparelho robótico de ordenha (Santos, 2019).

A Figura 2.13 ilustra a coleira eletrônica durante o processo de identificação do animal. Após a conclusão da ordenha e a identificação bem-sucedida, se o animal ainda não tiver sido ordenhado, o alimento é dispensado para facilitar a alimentação durante o início da operação de ordenha (Santos, 2019).

Figura 2.13 - Colar eletrônico no momento da leitura para a identificação do animal



Fonte: Santos (2019, p. 32)

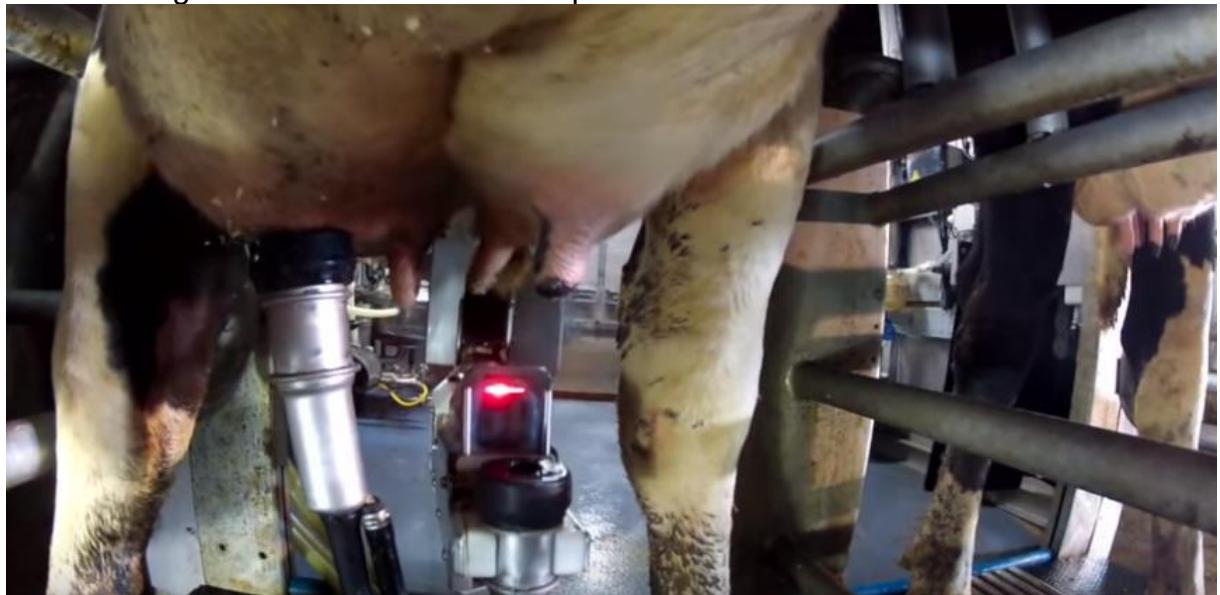
Antes de iniciar a retirada do leite é realizada a higienização dos tetos através de jatos de água e de ar direcionados. Após a higienização é iniciada a etapa de detecção dos tetos para a colocação das teteiras, sendo que este processo varia de acordo com cada fabricante (Santos, 2019).

Em alguns sistemas os robôs identificam os tetos através de sensores com sistema laser, porém, em alguns casos, pode não funcionar corretamente devido à formação dos tetos do animal, como por exemplo em animais com tetos cruzados. Em outros sistemas os robôs utilizam câmeras com visão 3D que permitem a detecção e a localização mais precisa dos tetos do animal (Santos, 2019).

A Figura 2.14 apresenta os sensores atuando na leitura da posição dos tetos do animal para o encaixe das teteiras após a higienização e a Figura 2.15 apresenta o sistema com câmera com visão 3D, utilizado para a mesma finalidade. Após o encaixe das teteiras são retirados os primeiros jatos de leite, que são analisados para a detecção de anormalidades com o animal, como por exemplo, para diagnosticar

mastite e para a contagem de células somáticas. Após o término da retirada do leite e a finalização da ordenha, um sensor identifica que o fluxo de leite diminuiu e a teteira é desencaixada. Em seguida é aplicado um *spray* com um líquido desinfetante nos tetos do animal e o portão automático é aberto liberando o animal da ordenha para voltar a área de descanso ou área de alimentação (Santos, 2019).

Figura 2.14 - Sensor atuando para encaixe das teteiras no animal



Fonte: Santos (2019, p. 33)

Figura 2.15 - Câmera com visão 3D para encaixe das teteiras no animal



Fonte: Santos (2019, p. 34)

A inserção do método de ordenha robótica auxilia na diminuição do problema de falta de mão de obra para trabalhos no campo, que atualmente está cada vez mais escassa. Este sistema também possibilita ao proprietário da ordenha mais tempo disponível para ser aplicado em outras tarefas da propriedade, jornada de trabalho menos cansativa, além de melhor qualidade de vida (Zanette, 2024).

Após a ordenha, a automação continua a influenciar no resfriamento e armazenamento do leite, garantindo que ele chegue ao mercado com qualidade superior (Santos, 2019).

Tanques de resfriamento inteligentes mantêm a temperatura ideal para evitar proliferação de bactérias e sistemas de análise microbiológica detectam impurezas e resíduos indesejados no leite antes do transporte (Santos, 2019).

As principais vantagens da ordenha robotizada são:

- a) autonomia e flexibilidade - as vacas escolhem o momento de ordenha, o que reduz o estresse e aumenta o bem-estar animal;
- b) aumento da produtividade - como as vacas podem ser ordenhadas mais vezes ao dia (2 a 4 vezes ou mais), há um aumento significativo da produção de leite;
- c) monitoramento individualizado - o sistema coleta dados em tempo real sobre a saúde, produção e comportamento de cada vaca;
- d) redução de mão de obra - o trabalho de ordenha é automatizado, liberando os funcionários para outras tarefas;
- e) qualidade do leite - controle rigoroso de higiene e retirada automática de tetos com pouco leite, evitando problemas como mastite;
- f) gestão por *software* - o produtor acompanha via computador ou smartphone dados como quantidade de leite por vaca, condutividade elétrica (indicador de mastite), número de ordenhas por dia e tempo médio de ordenha (Silvi *et al.*, 2018).

Dentre as limitações e desafios da ordenha robotizada relaciona-se o alto custo de implantação, a necessidade de manutenção especializada, a adaptação das vacas e a energia e conectividade (Zanette, 2024).

O investimento inicial é elevado, tanto para a compra do robô quanto para a adequação da estrutura física da fazenda. O sistema depende de tecnologia avançada, exigindo suporte técnico regular (Zanette, 2024).

As vacas precisam de um período de treinamento para aprender a usar o robô de ordenha. Requer fornecimento estável de energia elétrica e, muitas vezes, conexão de internet para o sistema de gestão (Zanette, 2024).

Os principais fabricantes de sistemas robotizados de ordenha são: DeLaval, Lely, GEA e BouMatic. Essas marcas oferecem diferentes modelos, com capacidade para ordenhar desde 50 até centenas de vacas, dependendo da quantidade de robôs instalados (Zanette, 2024).

O sistema de ordenha robotizada é mais utilizado em grandes propriedades leiteiras que buscam automatização, fazendas com foco em bem-estar animal e produção sustentável, em países com escassez de mão de obra rural, como Países Baixos (Holanda), Suécia, Canadá e Estados Unidos. No Brasil, embora o uso ainda seja mais recente, há fazendas médias e grandes investindo nessa tecnologia (Zanette, 2024).

A ordenha robotizada é uma tecnologia que alia eficiência, qualidade do leite, bem-estar animal e gestão de precisão. Apesar do custo inicial elevado, é uma solução que tem mostrado ótimos resultados em propriedades que buscam inovação, sustentabilidade e produtividade a longo prazo (Folha Agrícola, 2025).

Em se tratando de automação na ordenha, a Lely, como demonstrado na Figura 2.16, uma das maiores marcas de robôs de ordenha, divulgou que tem cerca de 50.000 instalados em mais de 50 países (Folha Agrícola, 2025).

Figura 2.16 - Robô de ordenha Lely



Fonte: Folha Agrícola (2025, p. 1)

Os robôs oferecem vantagens como aumento da produtividade por vaca (até 15%), menor dependência de mão de obra, monitoramento da saúde animal e ganho de qualidade de vida para produtores (Folha Agrícola, 2025).

No Brasil, 2 a cada 10 investimentos em automação são destinados aos robôs e a Lely responde por aproximadamente 60% dessas vendas (Folha Agrícola, 2025).

Em 2019 eram cerca de 150 robôs de ordenha em funcionamento no país e havia mais de 160 robôs vendidos no Brasil, dos quais mais de 70 estavam em operação. No período de 2019–2021 operavam no Brasil 143 equipamentos, distribuídos em 73 fazendas com uma média por robô de 2,9 ordenhas/dia e 55,8 vacas atendidas derivando em uma redução de cerca de 1 colaborador não familiar por fazenda após adoção principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (Diavão *et al.*, 2024; Bermudes, 2025; Danés; Ribeiro, 2023).

Em 2020 já existiam mais de 200 Sistemas de Ordenha Robotizada (SOR) instalados, conforme soma de fornecedores (Magro, Jesus, Noro, 2020).

Um exemplo real no Brasil que adota o SOR é a Fazenda Melkland (PR) em Carambeí, com 1 800 cabeças (800 em lactação), instalou 2 robôs Lely em 2022 e mais 8 Astronaut planejados para a nova unidade. Observou aumento de aproximadamente 7 L/vaca/dia e melhorou o bem-estar e gestão da mão de obra. Apesar dos benefícios, a automação na ordenha exige um investimento inicial elevado, além da necessidade de treinamento dos operadores e da manutenção constante dos equipamentos. Também é importante garantir que as instalações estejam adequadas para receber a tecnologia.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza descritiva. A pesquisa bibliográfica fundamenta-se na análise de livros, artigos científicos, normas técnicas e publicações especializadas que abordam a gestão da qualidade, a automação na produção leiteira, o bem-estar animal e a sustentabilidade.

A natureza descritiva da pesquisa possibilita a apresentação, organização e sistematização dos conceitos, práticas e modelos teóricos relacionados à automação e à gestão da qualidade na produção leiteira. Esse tipo de pesquisa permite descrever as características, benefícios, limitações e desafios associados à adoção de tecnologias automatizadas, com base em informações já consolidadas na literatura, sem a realização de intervenções, coleta de dados primários ou procedimentos estatísticos. Dessa forma, contribui para a compreensão do fenômeno estudado, especialmente em contextos produtivos de menor escala, nos quais a automação ocorre de maneira gradual e condicionada às particularidades do sistema produtivo.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado compreendeu duas etapas complementares. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica, por meio da consulta a livros, artigos científicos, dissertações, teses, normas técnicas e documentos institucionais relacionados à temática do estudo, com o objetivo de construir o referencial teórico para sustentar a pesquisa.

De forma complementar, foi desenvolvido um estudo de caso de caráter descritivo, realizado em uma propriedade leiteira de pequeno porte, com base em observação sistemática das rotinas produtivas, análise documental e registros fotográficos. Os dados obtidos nessa etapa foram organizados e tratados por meio de análise descritiva, sendo interpretados com base nos conceitos apresentados na literatura.

Essa estratégia metodológica possibilitou articular o embasamento teórico com a realidade observada, contribuindo para a compreensão prática do funcionamento do sistema produtivo analisado e para a identificação de oportunidades de melhoria relacionadas à gestão da qualidade, à eficiência produtiva, ao bem-estar animal e à sustentabilidade.

3.3 LOCAL DO ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma propriedade leiteira de pequeno porte localizada na zona rural de uma cidade do interior do estado de São Paulo, onde o autor desempenha suas atividades profissionais.

A escolha desta propriedade como local de estudo permite analisar os desafios e as oportunidades de melhorias em termos de gestão da qualidade, bem-estar animal e sustentabilidade, mesmo em sistemas com menor nível de automação. Além disso, o estudo busca explorar alternativas e estratégias para a futura adoção de tecnologias de automação na produção leiteira, com foco no aumento da eficiência produtiva, redução de perdas e melhoria das condições de trabalho dos ordenhadores.

Essa realidade proporciona um contexto relevante para refletir sobre a transição de sistemas manuais para modelos mais automatizados, considerando as especificidades de pequenos produtores que, como este, buscam constantemente aprimorar seus processos produtivos de forma sustentável.

3.4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de observação sistemática das rotinas produtivas da propriedade leiteira analisada, no período de janeiro a fevereiro de 2025.

A observação concentrou-se nas etapas do processo de ordenha, nos procedimentos de manejo adotados, nas condições de higiene dos equipamentos e no comportamento dos animais durante as atividades produtivas.

Foram coletados dados operacionais e produtivos, obtidos a partir da rotina da propriedade, registros internos e acompanhamento direto do processo de ordenha. Os dados levantados contemplaram:

- Dados sobre o processo de ordenha: tipo de sistema utilizado, sequência das etapas operacionais, tempo médio de ordenha, número de ordenhas diárias, número de animais ordenhados e necessidade de intervenção manual durante o processo;
- Dados relacionados à qualidade do leite: cuidados com a higienização pré e pós-ordenha, procedimentos de limpeza dos equipamentos, controle de armazenamento e resfriamento do leite, além do registro de descarte de leite em casos de alterações sanitárias;
- Dados sobre manejo e bem-estar animal: comportamento dos animais durante a ordenha, ocorrência de estresse aparente, manejo pré e pós-ordenha, condições dos tetos e presença de sinais visíveis de mastite;
- Dados estruturais e operacionais: condições físicas da sala de ordenha, organização do ambiente, disponibilidade de equipamentos e práticas adotadas para controle e registro da produção.

Como complemento, foi realizada análise documental, incluindo registros fotográficos do ambiente de ordenha, dos equipamentos utilizados e das etapas do processo produtivo. Esses registros tiveram a finalidade de documentar visualmente as práticas observadas, apoiar a descrição do sistema adotado e reforçar a caracterização da realidade produtiva analisada.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada por meio de análise descritiva, com base na organização, sistematização e interpretação das informações obtidas durante a observação sistemática e a análise documental.

Os dados coletados foram analisados considerando três eixos centrais do estudo: eficiência produtiva, bem-estar animal e sustentabilidade operacional. A partir desses eixos, procedeu-se à descrição das práticas observadas na propriedade, identificando-se pontos fortes, limitações operacionais e oportunidades de melhoria no sistema de produção leiteira.

A interpretação dos dados ocorreu por meio da comparação entre a realidade observada e os referenciais teóricos apresentados na revisão da literatura, especialmente no que se refere às boas práticas de ordenha, à gestão da qualidade e à adoção de tecnologias de automação na produção leiteira.

Essa forma de análise permitiu compreender como as práticas existentes se relacionam com os conceitos discutidos na literatura e subsidiou a elaboração da proposta de intervenção, direcionada à melhoria dos processos produtivos, à elevação da qualidade do leite, ao bem-estar animal e à viabilidade de avanços tecnológicos na propriedade analisada.

3.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este estudo está limitado a uma única unidade produtiva, o que restringe a generalização dos resultados para outras realidades. No entanto, os dados obtidos oferecem subsídios importantes para reflexões sobre a aplicabilidade de sistemas automatizados e de gestão da qualidade em outras propriedades leiteiras com perfil semelhante.

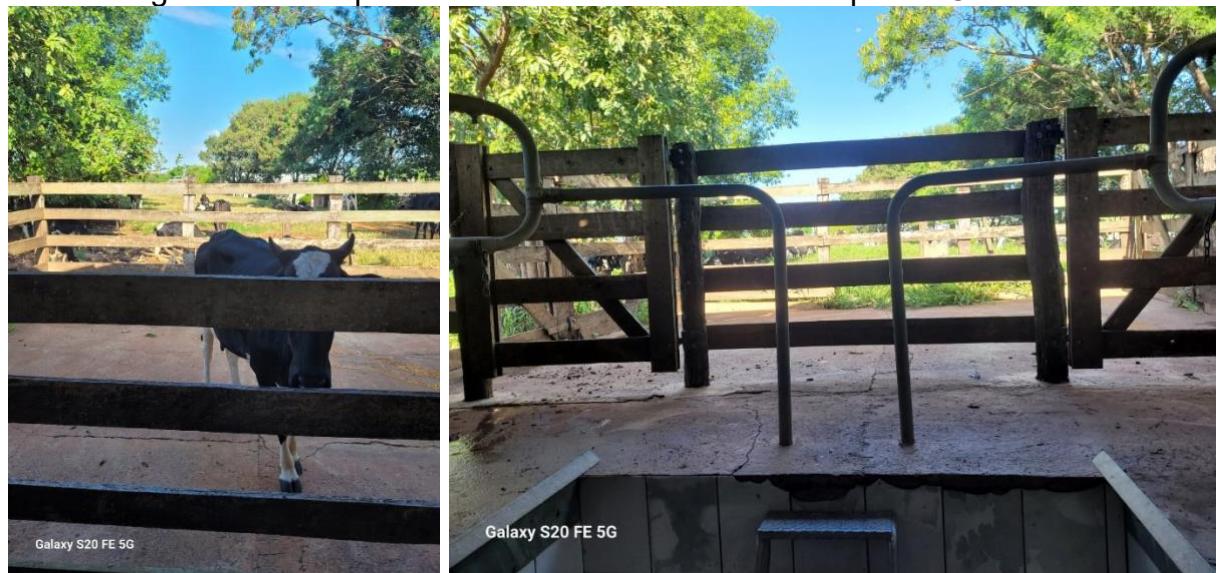
4 ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma fazenda chamada neste estudo de Fazenda Nossa Senhora para resguardar a privacidade, segurança e transparência no uso das informações.

Localizada no município de Cafelândia, interior do estado de São Paulo, a propriedade possui cerca de 10 vacas em lactação, com uma produção média de 80 litros de leite por dia (Figura 4.1). Em atividade há 30 anos, a fazenda passou por um processo de modernização há 15 anos, com a implantação de processo mecânico de ordenha.

Figura 4.1 – Propriedade rural localizada no município de Cafelândia



Fonte: Elaborada pelo autor

A escolha da Fazenda Nossa Senhora se justifica pelo trabalho realizado pelo autor que com os ensinamentos adquiridos no Curso de Gestão da Qualidade na FATEC de Lins pretende orientar e analisar um modelo produtivo alinhado com os princípios da automação, da gestão da qualidade e da sustentabilidade ambiental para servir como referência regional nesse tipo de produção.

Atualmente, a propriedade adota o sistema de ordenha balde ao pé, uma prática tradicional ainda bastante comum em pequenas e médias produções no Brasil. Nesse sistema, a extração do leite é realizada por meio de uma unidade de ordenha móvel, com acoplamento das teteiras diretamente nos animais e coleta do leite em balde posicionados ao lado das vacas. Embora simples, esse método requer cuidados rigorosos com a higienização dos equipamentos e dos animais para garantir a qualidade do leite.

4.2 ESTRUTURA E ROTEIRO DE ORDENHA DA PROPRIEDADE RURAL

Na propriedade visitada, o produtor relatou que utiliza o sistema balde ao pé por ser mais simples e compatível com o porte da fazenda. Durante a observação, foi possível notar que, embora eficiente para o rebanho atual, o método apresenta limitações que motivam a busca por melhorias (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Sistema de ordenha balde ao pé na Fazenda Nossa Senhora



Fonte: Elaborada pelo autor

Segundo o responsável, na Fazenda Nossa Senhora a ordenha segue o seguinte roteiro de procedimentos: preparação do ambiente, condução e manejo dos animais, higiene pré-ordenha, acoplagem das teteiras, procedimentos pós-ordenha, coleta e armazenamento do leite, limpeza e higienização do equipamento, registro de dados.

4.2.1 Preparação do ambiente

Na Fazenda Nossa Senhora a etapa de preparação do ambiente realiza os seguintes procedimentos: verificação se a sala de ordenha está limpa e ventilada; lavagem do piso antes da entrada dos animais; verificação se todos os equipamentos de ordenha (ordenhadeira, balde, teteiras, filtros) estão limpos e higienizados; verificação do funcionamento do sistema de vácuo e da ordenhadeira.

4.2.2 Condução e manejo dos animais

Na etapa de condução e manejo dos animais são realizados os seguintes procedimentos: condução os animais de forma calma, evitando gritos ou batidas para

não os estressar; realização o pré-separo, caso haja animais com mastite clínica ou leite de descarte; fixação dos animais nas respectivas posições na sala de ordenha (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Animais na sala de ordenha



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.3 Higienização pré-ordenha

Na etapa de higienização pré-ordenha são realizados os seguintes procedimentos:

- realização do pré-dipping onde se aplica a solução desinfetante nos tetos e deixar agir por cerca de 30 segundos (Figura 4.4, 4.5 e 4.6);
- faz-se a limpeza dos tetos com papel toalha descartável ou pano individual (Figura 21);
- faz-se o teste da caneca de fundo preto retirando os primeiros jatos de leite de cada teto para verificar alterações no leite (grumos, sangue e outros);
- em caso de alterações, separa-se o animal e descartar o leite.

Embora seja um sistema manual e com menor nível de automação, a ordenha balde ao pé exige atenção constante à higiene, ao manejo correto dos animais e ao funcionamento adequado dos equipamentos. As imagens demonstram como o trabalho é realizado com dedicação, evidenciando a importância da gestão da qualidade mesmo em sistemas com tecnologia mais simples.

Esse contexto reforça a relevância de buscar, gradativamente, a implementação de melhorias tecnológicas e de gestão, com foco na eficiência produtiva, no bem-estar animal e na sustentabilidade da produção leiteira.

Figura 4.4 – Lavagem dos tetos



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.5 – Realização do pré-dipping



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.6 – Realização do pré-dipping e limpeza dos tetos com papel toalha



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.4 Acoplagem das teteiras

O equipamento utilizado é composto por uma bomba de vácuo, um conjunto de mangueiras, um coletor com quatro teteiras (uma para cada teto) e o balde de alumínio ou aço inox. Durante a ordenha, as teteiras são acopladas aos tetos das vacas e, por meio da força do vácuo, o leite é extraído e depositado diretamente no balde.

Na etapa de acoplagem das teteiras são realizados os seguintes procedimentos conforme demonstram as Figuras 4.7 e 4.8:

- a) liga-se o sistema de vácuo da ordenhadeira;
- b) acoplam-se as teteiras nos tetos de forma cuidadosa e rápida, evitando entrada de ar;
- c) observa-se o fluxo de leite durante a ordenha;
- d) evita-se o sobreordenha – retiram-se as teteiras logo após a diminuição do fluxo de leite.

Figura 4.7 – Acoplagem das teteiras e ordenha



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.8 – Acoplagem das teteiras e ordenha



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.5 Pós-ordenha

Na etapa pós-ordenha são realizados os seguintes procedimentos:

- a) realiza-se o pós-dipping com a imersão ou pulverização dos tetos com solução desinfetante para prevenção de mastite;
- b) liberam-se os animais para o pasto ou confinamento.

4.2.6 Coleta e armazenamento do leite

Na etapa de coleta e armazenamento do leite são realizados os seguintes procedimentos:

- a) filtra-se o leite imediatamente após a ordenha;
- b) armazena-se o leite em recipiente de aço inoxidável ou tanque de refrigeração a uma temperatura de 2 °C a 4 °C;
- c) evita-se o contato do leite com o ar ambiente por muito tempo para prevenir contaminação.

4.2.7 Limpeza e higienização do equipamento

Na etapa de limpeza e higienização do equipamento são realizados os seguintes procedimentos conforme demonstram as Figuras 4.9, 4.10 e 4.11:

- a) lavagem imediatamente dos baldes, as mangueiras, as teteiras e os demais componentes da ordenhadeira com água corrente.
- b) realização da limpeza com detergente alcalino e sanitização com solução desinfetante apropriada.
- c) deixar os equipamentos escorrendo para evitar acúmulo de umidade.

Figura 4.9 - Limpeza e higienização do equipamento



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.10 - Limpeza e higienização do equipamento



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.11 - Limpeza e higienização do equipamento



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2.8 Registro de dados

Na etapa de registro de dados são realizados os seguintes procedimentos:

- anota-se o volume de leite produzido por animal;

- b) registro de ocorrências de mastite, alterações no leite, ou problemas com equipamentos;
- c) controle do descarte de leite, quando houver.

4.3 DIRETRIZES PARA MODERNIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

As diretrizes para modernização do processo produtivo em estudo têm como finalidade promover a modernização gradual do processo produtivo, assegurando que três pilares fundamentais — qualidade do leite, bem-estar animal e sustentabilidade operacional — sejam preservados e fortalecidos.

Considerando que a Fazenda Nossa Senhora adota atualmente o sistema de ordenha balde ao pé, um método funcional, porém limitado em termos de eficiência e controle sanitário, recomenda-se uma transição estruturada para tecnologias de ordenha canalizada e, posteriormente, para sistemas automatizados e robotizados.

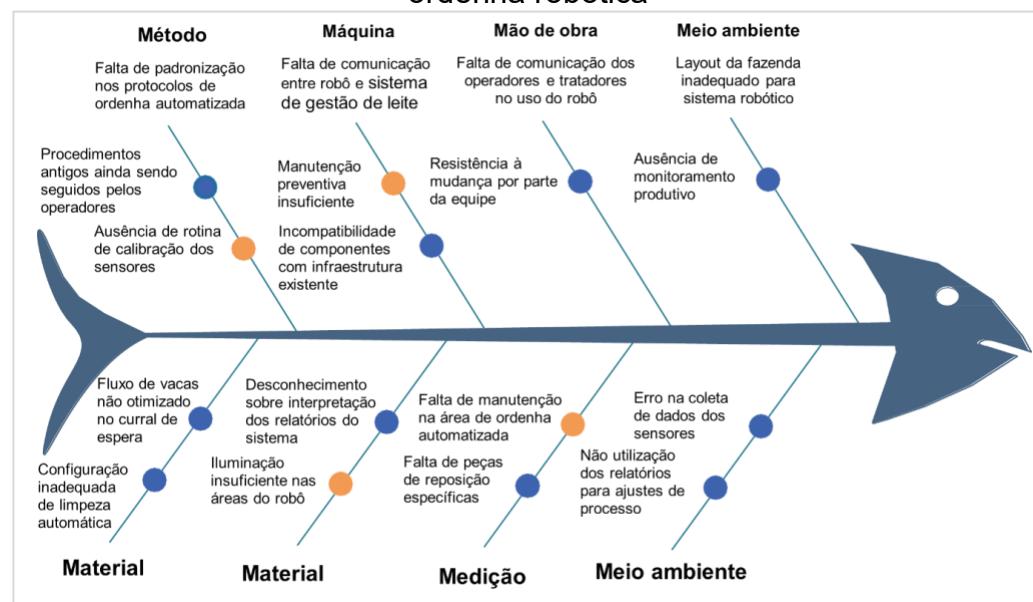
Para que essa evolução ocorra de maneira segura, é imprescindível que a implementação de novas tecnologias seja compatível com o manejo diário dos animais, com o fluxo de trabalho da equipe e com as condições estruturais da propriedade.

Assim, a diretriz proposta engloba ações como a reorganização do ambiente de ordenha, a padronização das rotinas operacionais, o aprimoramento dos procedimentos de higienização, a capacitação contínua da equipe e a adoção progressiva de soluções automatizadas.

Com o objetivo de identificar fatores críticos que podem interferir na modernização do sistema, aplicou-se a ferramenta da qualidade Diagrama de Ishikawa, permitindo mapear causas associadas às categorias clássicas: mão de obra, máquinas, métodos, materiais, meio ambiente e medição (Figura 4.12).

A análise evidenciou desafios como resistência dos colaboradores às inovações, falhas ou desajustes em sensores, ausência de procedimentos padronizados, inadequações estruturais no curral, condições ambientais desfavoráveis e deficiências nos registros e no monitoramento de indicadores.

Figura 4.12. Diagrama de Ishikawa implantação eficiente e produtiva do sistema de ordenha robótica



Fonte: Elaborada pelo autor

A partir desse diagnóstico, conclui-se que o êxito da automação não depende exclusivamente da aquisição de equipamentos modernos, mas da integração equilibrada entre pessoas, processos e tecnologia. Por esse motivo, a intervenção deve priorizar ações como:

- a) treinamento técnico e comportamental da equipe;
- b) adequação física do ambiente de ordenha;
- c) elaboração e aplicação de Procedimentos Operacionais Padronizados (POP);
- d) monitoramento sistemático de indicadores de desempenho;
- e) planejamento da adaptação gradativa das vacas;
- f) manutenção preventiva rigorosa dos equipamentos.

A adoção articulada dessas ações amplia a confiabilidade do processo, minimiza riscos, aumenta o desempenho produtivo e assegura que a automação contribua efetivamente para a qualidade do leite, a eficiência operacional e o bem-estar animal na propriedade estudada.

5 CONCLUSÃO

A partir do objetivo de analisar o impacto da automação na gestão da qualidade da produção leiteira, com foco na eficiência produtiva, no bem-estar animal e na sustentabilidade, este estudo permitiu compreender que a gestão da qualidade na produção leiteira é importante para garantir um produto seguro e competitivo no mercado. A automação surge como uma grande aliada, permitindo maior controle, eficiência e rastreabilidade. Observou-se que desafios como custos e capacitação técnica precisam ser enfrentados para que as inovações sejam amplamente adotadas.

Durante a pesquisa, foi possível perceber que a automação tem transformado a pecuária leiteira, tornando-a mais eficiente, sustentável e voltada para o bem-estar animal. Para que essas tecnologias sejam amplamente adotadas deve-se investir em capacitação, acesso a financiamento e desenvolvimento de infraestrutura. O futuro da produção leiteira está diretamente ligado à inovação, e a automação desempenhará um papel fundamental na garantia da qualidade e competitividade do setor.

Em resposta ao questionamento que norteou esta pesquisa a escolha do sistema de ordenha é um dos fatores determinantes para a gestão da qualidade na produção leiteira. Cada sistema apresenta características, vantagens e desafios específicos, que devem ser avaliados de acordo com o perfil da propriedade, a capacidade produtiva, a disponibilidade de mão de obra e os objetivos do produtor.

A ordenha balde ao pé, presente em muitas pequenas propriedades, representa uma solução de baixo custo e fácil implementação, porém exige maior esforço físico, cuidados rigorosos com a higiene e apresenta limitações em relação ao controle de qualidade e produtividade.

A ordenha canalizada surge como uma evolução natural para propriedades em crescimento, oferecendo ganhos significativos em higiene, velocidade de ordenha, conforto animal e controle da produção. Seu custo inicial é maior, mas o retorno pode ser observado na melhoria da qualidade do leite e na redução da mão de obra.

Por fim, a ordenha robotizada representa o estágio mais avançado em termos de tecnologia e gestão da qualidade. Embora requeira um investimento inicial elevado e manutenção especializada, proporciona automação total, monitoramento individualizado e melhorias significativas na produtividade, bem-estar animal e qualidade do leite.

É fundamental que cada produtor avalie cuidadosamente suas condições financeiras, estrutura física, tamanho do rebanho e objetivos de produção antes de optar por um sistema de ordenha. Investir em qualidade, independente do sistema adotado, é uma estratégia que poderá garantir a competitividade e a sustentabilidade da atividade leiteira a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- AGROEXPO. Sala de ordenha para vacas DualFlo™. 2025. Disponível em: <<https://www.agriexpo.online/pt/prod/boumatic/product-171263-9607.html>>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- ARANTES, M. C. S.; SILVA, E. A.; SILVA JÚNIOR, A. C. Gestão da inteligência artificial na agroindústria do setor lácteo: propostas, desafios e perspectivas. **Revista de Administração e Contabilidade**. v.1, 2024.
- BARBOSA, L. M.; PORTES, L. A. F. A inteligência artificial. **Revista Tecnologia Educacional**. Rio de Janeiro, n.236, jan./mar., 2019.
- BERMUDES, R. F. Ordenha robotizada no Brasil: análise de investimento, custo de produção e proposta para gestão de indicadores de desempenho. 2025. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Disponível em: <<https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u4774>>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- BORDIN, 2024). **Ordenha robotizada para vacas leiteiras: aspectos básicos e funcionamento**. 15/08/2024. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/ordenha-robotizada-para-vacas-leiteiras-aspectos-basicos-e-funcionamento-237320/>>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- BRAVO, L. D. R. Ordenha: quais são os tipos e qual é melhor em cada situação. 2025. Disponível em: <<https://blog.mercadorural.org/artigos/quais-os-tipos-de-ordenha>>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- CARNEIRO, J. P. R. **Rastreabilidade da agricultura orgânica** : sustentabilidade e inovação tecnológica das cadeias sistêmicas dos Organismo de Controle Social - OCS em Rio Preto da Eva - Amazonas. 2024. 134f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- CARVALHO, N. J. **A utilização das ferramentas da gestão da qualidade para melhoria no processo de ordenha**: um estudo de caso em um assentamento no interior paulista. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) -Centro Universitário Sagrado Coração, Bauru.
- CORREA, A. M. F.; HORST, J. A. **Manejo, sistemas e equipamentos de ordenha**. Curitiba: SENAR AR-PR., 2020.
- DANÉS, M. A. C.; RIBEIRO, A. C. O. Como as ordenhas robotizadas afetam a nutrição das vacas leiteiras? 23/05/2023. Disponível em: <[https://www.milkpoint.com.br/colunas/marina-danes/como-as-ordenhas-robotizadas-afetam-a-nutricao-das-vacas-leiteiras-215425/#:~:text=AI%C3%A9m%20do%20manejo%2C%20a%20formula%C3%A7%C3%A3o,uma%20dieta%20parcial%20\(PMR\)](https://www.milkpoint.com.br/colunas/marina-danes/como-as-ordenhas-robotizadas-afetam-a-nutricao-das-vacas-leiteiras-215425/#:~:text=AI%C3%A9m%20do%20manejo%2C%20a%20formula%C3%A7%C3%A3o,uma%20dieta%20parcial%20(PMR))>. Acesso em: 15 abr. 2025.

DELAVAL. Delaval lança sistema de ordenha rotatória de última geração. 27/3/2023. Disponível em: <<https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/delaval-lanca-sistema-de-ordenha-rotatoria-de-ultima-geracao>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

DIAVÃO, J. et al. Sistemas automatizados de ordenha no Brasil: panorama e percepções. 2024). Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1169515>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

EMBRAPA. **Anuário do Leite**. São Paulo: Gráfica Elyon, 2024.

EMBRAPA. **Anuário do Leite**. São Paulo: Gráfica Elyon, 2025.

FOLHA AGRÍCOLA. Lely alcança a marca de 50 mil robôs de ordenha instalados no mundo. 2025. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidades-parceiros/lely-alanca-a-marca-de-50-mil-robos-de-ordenha-instalados-no-mundo-236647>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FORBES AGRO. Conheça as 10 maiores fazendas leiteiras do Brasil. 2022. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2022/03/as-10-maiores-fazendas-leiteiras-do-brasil/>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GEA. Raspador de corredor de free stall com cabo. Disponível em: <<https://www.gea.com/pt/products/freestallalleycleanerwithcable.jsp>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GONSALES, S. A. Tecnologia e seus impactos na produção leiteira. 2024. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/interleite-sul/tecnologia-e-seus-impactos-na-producao-leiteira-236297>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GONÇALVES, J. L.; TOMAZI, T.; SANTOS, M. V. Rotina de ordenha eficiente para produção de leite de alta qualidade. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 15. n. Suppl 2: p. 9-14. 2017

IBGE. Agricultura produção município Arapoti. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/arapoti/pesquisa/18/16459?localidade1=41&localidade2=0>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

KRAUSPENHAAR, R. **Estudo para monitoramento da produção leiteira com ordenha mecanizada em pequenas propriedades**: aumento da fidelidade na captação de dados. 2024. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LATCHUK, M. F. **Acompanhamento das boas práticas de ordenha da associação de produtores da região centro ocidental do estado do Paraná**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Departamento Acadêmico de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão.

LELY. Programa Lely T4C. 2019. Disponível em: <<http://www.lelyt4c.com/pt/#info>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

LELY. Fazenda Melkland investe em nova unidade e vê a automação como fundamental para otimizar produção e atrair nova geração. 31 de mar. 2024. Disponível em: <<https://www.lely.com/br/sobre-a-lely/noticias/lely-apresenta-os-seus-resultados-financeiros-para-20242>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

LINHARES, J. C.; LANDIN, A. P. M.; RIBEIRO, L. F. Avaliação das Boas Práticas Agropecuárias (BPA's) na ordenha em relação à qualidade do leite. **GETEC**, v.10, n.32, p.10-36, 2021.

MAGRO, D. A.; JESUS, E.; NORO, G. **Ordenha automática moderniza a pecuária leiteira no Brasil**. 26/11/2020. Disponível em: <<https://noticiariotortuga.com.br/ordenha-automatica-moderniza-a-pecuaria-leiteira-no-brasil>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária; Mapa do Leite. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MENDES, J. J.; CARRER, M. J.; VINHOLIS, M. M. B. Adoção de smartphones e aplicativos de troca de informações por produtores rurais do estado de São Paulo. In: 60º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, Administração E Sociologia Rural – SOBER. 8 a 11. ago. 2022. Natal. **Anais...** Natal – RN, 2022

MIOSO, L. S. Entendendo a produção de leite e minimizando os riscos de contaminação. AgriPoint, 3 abr. 2017. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidadesparceiros/entendendoaproducaodeleitee minimizandoosriscosdecontaminacao104746n.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MÜLLER, T.; REMPEL, C. 2021). Qualidade do leite bovino produzido no Brasil: parâmetros físico-químicos e microbiológicos: uma revisão integrativa. **Vigilância Sanitária em Debate**, v.9, n.3, p.122-129, 2021

NANNINI, G. A importância do Bem-Estar Animal para a sustentabilidade. 2023. Disponível em: <<https://planetacampo.canalrural.com.br/noticias/importancia-bem-estar-animal-sustentabilidade/>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

PICCOLI, J. L. Sistema Balde ao pé: Começando a conhecer os tipos de Ordenhadeiras. 11/2/2019. Disponível em: <<https://canaldoleite.com/colunas/jeferson-luiz-piccoli/sistema-balde-ao-pe-comecando-a-conhecer-os-tipos-de-ordenhadeiras/>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

RABELLO, L. D. Ordenha: quais são os tipos e qual é melhor em cada situação. Disponível em: <<https://blog.mercadorural.org/artigos/quais-os-tipos-de-ordenha>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

RENTERO, N. Grandes laticínios investem alto no futuro. Qualidade do leite bovino produzido no Brasil – parâmetros físico-químicos e microbiológicos: uma revisão integrativa. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 9, n. 3, pp. 122-129, 2021.

ROCHA, D. T., RESENDE, J. C., MARTINS, P. C. **Evolução Tecnológica da Atividade Leiteira no Brasil: Uma Visão a Partir do Sistema de Produção da Embrapa Gado de Leite**. Juiz de Fora-MG: Embrapa Gado de Leite, 2018. 62 p.

SANTOS, R. K. C. **Gestão de qualidade e monitoramento em indústria de laticínio em Campos Belos/GO**: relatório de estágio. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) - Instituto Federal Goiano, Campos Belos.

SANTOS, F. A. **Estudo da automação na pecuária leiteira na cidade de Arapoti**. 2019. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba.

SANTOS, M. L.; SIQUEIRA, A. F. P. Bem-estar animal e o impacto do enriquecimento ambiental para vacas leiteiras. **Ciências da Saúde**, v.29, 2024.

SILVA, L. F. D. A. *et al.* Automação e inteligência artificial na pecuária leiteira: o futuro chegou! 20/02/2025. Disponível em: <https://gepec.com.br/blog/automacao-e-inteligencia-artificial-na-pecuaria-leiteira-o-futuro-chegou?srsltid=AfmBOorN1BX-3b_kaijYGFLRRvGiDDzm4HBjmZTd_EZjrwIGGbJqXru2>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVA, J. Falta de acesso à internet de qualidade no meio rural exclui pequenos produtores. 2024. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/radio-usp/falta-de-acesso-a-internet-de-qualidade-no-meio-rural-exclui-pequenos-produtores/>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVA, M. A. P.; SALGADO, G. H. Automação e inteligência artificial na pecuária leiteira: o futuro chegou! 20/02/2025. Disponível em: <<https://gepec.com.br/blog/automacao-e-inteligencia-artificial-na-pecuaria-leiteira-o-futuro-chegou?srsltid=AfmBOorvINDV9YFQ5OQIGT4s5fxVi-MLOPxTppabCQWNERYNUymYM1U>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVI, R. R. *et al.* **Pecuária leiteira de precisão**: sistemas de ordenhas robotizadas. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018.

TAGUCHI, V. Como eles produzem o melhor leite do mundo? **Revista Globo Rural**. Editora Globo. 2019.

ZANETTE, M. R. **Viabilidade econômico-financeira**: Implantação de ordenha robotizada em uma propriedade leiteira. 2024. Estágio supervisionado (Curso de Administração) – Universidade de Passo Fundo, Lagoa Vermelha.