

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

LIVIA CARVALHO MAIA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE LEITE CRU COLETADO
EM QUEIJARIAS DE ITAMONTE – MG, EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO

BELO HORIZONTE

2025

Livia Carvalho Maia

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE LEITE CRU COLETADO
EM QUEIJARIAS DE ITAMONTE – MG, EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal.

Orientador: Marcelo Resende de Souza

Co-ordenadores: Cláudia Freire de Andrade Moraes Penna e
Leorges Moraes da Fonseca

BELO HORIZONTE - MG

2025

M217m Maia, Livia Carvalho, 1995-
Monitoramento da qualidade de leite cru coletado em queijarias de Itamonte – MG, em diferentes épocas do ano/ Livia Carvalho Maia.- 2025.
99f. il.

Orientador: Marcelo Resende de Souza
Coorientadores: Cláudia Freire de Andrade Moraes Penna
Leorges Moraes da Fonseca

Dissertação (Mestrado) apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal
Bibliografia: f:79 a 85
Anexos: f: 86 a 99.

1. Leite - Qualidade - Teses - 2. Queijo - Teses - 3. Ciência animal - Teses
I. Souza, Marcelo Resende de - II. Penna, Cláudia Freire de Andrade Moraes – III. Fonseca, Leorges Moraes da – IV. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - V. Título.

CDD – 637



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

LÍVIA CARVALHO MAIA

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós Graduação em **CIÊNCIA ANIMAL**, como requisito para obtenção do grau de **MESTRE** em **CIÊNCIA ANIMAL**, área de concentração **Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal**. Defesa da dissertação intitulada: "**Monitoramento da qualidade de leite cru coletado em queijarias de Itamonte – MG, em diferentes épocas do ano.**"

Aprovado(a) em 30 de abril de 2025, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Marcelo Resende de Souza - Orientador(a)
Dr.(a). Ranier Chaves Figueiredo
Dr.(a). Letícia Goulart de Oliveira



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Resende de Souza, Professor do Magistério Superior**, em 30/04/2025, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Letícia Goulart de Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 30/04/2025, às 21:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ranier Chaves Figueiredo, Usuário Externo**, em 08/05/2025, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4157778** e o código CRC **F4CC45F6**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, primeira mestra da família, e ao meu pai, que hoje me acompanha de outro plano. Vocês enxergaram meu caminho antes mesmo de eu imaginá-lo. Mãe, te admiro mais do que sou capaz de dizer. Bruno, Ju, Thalinho, Simone, Thaty e Rodrigo: ser um pouquinho do que vocês são já é um desafio — amo vocês.

Ao Pedro, por cada passo ao meu lado. Só nós dois sabemos o que essa conquista significa, do silêncio do travamento até o momento de seguir. Obrigada por tudo. Te amo.

Aos produtores de Itamonte e de toda Minas Gerais: o dia em que me ensinaram que produzir de qualquer jeito e a qualquer custo nunca foi opção, foi o dia em que encontrei meu propósito.

Agradeço ao professor Marcelo, meu maior exemplo. Sua orientação firme e generosa me acompanhou por toda a jornada. Faltam palavras para expressar minha gratidão.

À professora Cláudia, que me abriu as portas dos laticínios e despertou em mim uma paixão imediata. Te admiro e serei eternamente sua monitora! Ao professor Leorges, que me ensinou que inteligência, fé e humildade caminham juntas. Obrigada por ter marcado minha trajetória. Professor Rafael Nicolino, foi você quem me ensinou a gostar de estatística. No momento que me estendeu a mão, tudo mudou — minha eterna gratidão!

À UFMG, à Escola de Veterinária e ao LabUFMG: das salas de aula às análises no laboratório, o investimento que fizeram em mim transformou meu olhar. Tento e continuarei tentando retribuir todos os dias, aplicando o que aprendi para transformar realidades.

Agradeço à EMATER, especialmente ao Julio, que chega onde poucos chegam. Seu incentivo foi essencial para que este mestrado deixasse de ser só ideia.

Ao Sistema FAEMG SENAR (e claro, INAES!), especialmente ao Wander, Bruno, Paula e Marília, por me confiarem a chance de integrar uma equipe que transforma Minas Gerais. À Thais e à Julia, pela entrega diária no campo e auxílio nesse projeto, com compromisso e coragem.

À Drielly, minha amiga e sócia. A Maia Marcondes vive! Obrigada por sonhar junto e seguir ao meu lado com tanta força, talento e verdade. Me inspiro em você. À Kitty, que me trouxe até este campus há dez anos. Por ela, concluo hoje mais uma etapa e sigo com seu amor guardado no peito.

RESUMO

O leite cru representa um elemento central na fabricação de queijos artesanais em Minas Gerais, especialmente na região da Mantiqueira de Minas, onde município como Itamonte se destacam por sua importância cultural e socioeconômica. Considerando seu papel na qualidade final dos produtos e na conformidade com exigências legais, esta pesquisa teve como objetivo analisar aspectos físico-químicos, microbiológicos e celulares do leite cru utilizado em queijarias locais, no período entre o verão de 2023 e a primavera de 2024, antes e após uma ação extensionista. Quatro coletas sazonais foram realizadas em 23 propriedades rurais, categorizadas em três grupos conforme o volume diário de leite beneficiado: até 80 L/dia (Grupo 1), de 81 a 149 L/dia (Grupo 2) e acima de 150 L/dia (Grupo 3). As amostras foram submetidas a testes de gordura, proteína, lactose, extrato seco total (EST), extrato seco desengordurado (ESD), contagem de células somáticas (CCS), contagem padrão em placas (CPP) e verificação de resíduos antimicrobianos. A intervenção envolveu um diagnóstico das Boas Práticas Agropecuárias (BPA) e uma oficina técnica com retorno individualizado aos produtores. Verificou-se melhora na conformidade legal, especialmente quanto aos parâmetros microbiológicos, com redução significativa de CCS ao longo das estações ($p < 0,05$). Não houve diferenças estatísticas entre os grupos produtivos analisados. As análises apontaram correlação positiva entre gordura e EST ($r = 0,96$) e negativa entre CCS e lactose ($r = -0,38$), evidenciando a influência da qualidade higiênico-sanitária na composição do leite. Conclui-se que estratégias de extensão rural estruturadas contribuem tanto para o cumprimento normativo quanto para o aprimoramento da qualidade tecnológica do leite cru destinado à produção artesanal.

Palavras-chave: mantiqueira de minas; boas práticas agropecuárias; conformidade sanitária

ABSTRACT

Raw milk plays a central role in the production of artisanal cheeses in Minas Gerais, particularly in the Mantiqueira de Minas region, where municipalities such as Itamonte stand out for their cultural and socioeconomic relevance. Considering its impact on the final quality of dairy products and compliance with legal requirements, this study aimed to analyze the physicochemical, microbiological, and cellular characteristics of raw milk used in local cheesemaking, between the summer of 2023 and the spring of 2024, before and after an extension intervention. Four seasonal samplings were conducted on 23 rural properties, categorized into three groups according to their daily milk processing volume: up to 80 L/day (Group 1), 81 to 149 L/day (Group 2), and over 150 L/day (Group 3). The samples were subjected to tests for fat, protein, lactose, total solids (TS), solids-not-fat (SNF), somatic cell count (SCC), standard plate count (SPC), and detection of antimicrobial residues. The intervention consisted of a diagnostic evaluation of Good Agricultural Practices (GAP) and a technical workshop with individualized feedback to the producers. Improvements in legal compliance were observed, particularly in microbiological parameters, with a significant reduction in SCC across seasons ($p < 0.05$). No statistically significant differences were found between the production groups. The analyses revealed a positive correlation between fat and TS ($r = 0.96$), and a negative correlation between SCC and lactose ($r = -0.38$), highlighting the influence of hygienic-sanitary conditions on milk composition. It is concluded that structured rural extension strategies are effective in both regulatory compliance and technological improvement of raw milk intended for artisanal cheese production.

Keywords: mantiqueira de minas; good agricultural practices; sanitary compliance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 01 - Comportamento Sazonal de Variáveis Meteorológicas no Município de Itamonte-MG: Análise de Séries Temporais de Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Precipitação Pluviométrica entre Dezembro de 2023 e Dezembro de 2024	47
Gráfico 02 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 1 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)	69
Gráfico 03 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 2 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)	70
Gráfico 04 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 3 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)	70
Gráfico 05 – Coeficientes de Correlação de Pearson (r) entre Variáveis Físico-Químicas, Celulares e Microbiológicas do Leite Cru Coletado em Queijarias de Itamonte-MG entre o Verão de 2023 e a Primavera de 2024	74
Figura 1 - Médias nacionais dos teores de lactose, gordura e proteína no leite cru refrigerado analisado pela RBQL entre 2013 e 2024.	84
Figura 2 - Médias aritméticas nacionais de Extrato Seco Total (EST) Extrato Seco Desengordurado (ESD) das amostras de leite cru refrigerado analisadas por ano na RBQL, entre 2013 e 2024.	84
Figura 3 - Médias geométricas nacionais das amostras de leite cru refrigerado para Contagem Padrão em Placas – CPP x 1.000 UFC/mL e Contagem de Células Somáticas – CSS x 1.000 cél/mL no Brasil, entre 2013 e 2024.	85
Figura 4 - Análises de leite cru para Composição Centesimal, CCS e CPP entre Outubro de 2023 e Fevereiro de 2024 em Minas Gerais, em estabelecimentos sob registro do SIF.	86
Figura 5 - Localização de Itamonte (vermelho) no estado de Minas Gerais.	87
Figura 6 - Quantidade de leite produzido (mil litros) de 2009 a 2022 e número de vacas ordenhadas no mesmo período em Itamonte - MG.	88
Quadro 01 - Médias das porcentagens de EST, ESD, proteína e lactose; e CCS e CPP de leite cru destinado a estabelecimentos registrados no SIF, SIE e SIM entre 2020 e 2024.	89
Figura 7 - Início da apresentação da oficina, com tema “Qualidade físico-química e microbiológica do leite cru coletado em queijarias de Itamonte – MG	95

Figura 8 – Participantes da oficina assistem à apresentação dos resultados gerais das análises de leite cru.....	96
Figura 9 – Produtor e Profa. Dra. Cláudia Freire de Andrade Morais Penna em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.	96
Figura 10 – Produtor e Prof. Dr. Marcelo Resende de Souza em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.	97
Figura 11 – Produtor e estudante de pós-graduação Livia Carvalho Maia em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.	98
Figura 12 – Produtores, estudante de pós graduação Livia Carvalho Maia, Técnica de Campo Júlia Bernardes, Prof. Dr. Marcelo Resende de Souza e Profa. Dra. Cláudia Freire de Andrade Morais Penna em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Identificação das variáveis “Tempo de Coleta”, correspondentes às “Estações do Ano” em Minas Gerais	41
Tabela 02 - Número amostral inicial e após tratamento de dados de acordo com o tempo de coleta de leite em queijarias no município de Itamonte - MG	41
Tabela 03 - Amostras definidas de acordo com o Extrato de Produção e os critérios para tratamento dos dados	44
Tabela 04 - Média ($\bar{x}$) e coeficientes de variação (CV) para os parâmetros de qualidade físico-química de leite cru coletados em queijarias em Itamonte - MG no verão de 2023, de acordo com o grupo e extrato de produção de leite por dia	49
Tabela 05 - Conformidade da Composição Físico-Química do Leite Cru com o Padrão Legal Vigente por Grupo de Produção no Verão de 2023 em Queijarias de Itamonte-MG	52
Tabela 06 - Valores mínimos (min), medianas (med), valores máximos (max) e coeficientes de variação (CV) para os parâmetros de contagem de células somáticas e contagem padrão em placas de leite cru coletados em queijarias em Itamonte - MG no verão de 2023	53
Tabela 07 - Conformidade de CCS e CPP no Leite Cru de Queijarias em Itamonte-MG no Verão de 2023, por Grupo de Produção	55
Tabela 08 - Informações compiladas coletadas pelo diagnóstico observacional das 23 propriedades participantes para diagnóstico de Boas Práticas Agropecuárias	58
Tabela 09 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) dos parâmetros físico-químicos do leite cru coletado entre o verão de 2023 e a primavera de 2024 em queijarias de Itamonte - MG	62
Tabela 10 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) dos parâmetros físico-químicos do leite cru coletado entre o verão de 2023 e a primavera de 2024 em queijarias de Itamonte -MG	65
Tabela 11 - Avaliação da Conformidade das Amostras de Leite Cru quanto aos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos no Período de Verão de 2023 a Primavera de 2024 coletados em queijaria de Itamonte - MG	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Mapa	Ministério da Agricultura e Pecuária
BPA	Boas Práticas Agropecuárias
BAL	Bactérias ácido-láticas
AGV	Ácidos graxos voláteis
CCS	Contagem de células somáticas
RGP	Relação gordura/proteína
EST	Extrato seco total
ESD	Extrato seco desengordurado
QAM	Queijos Artesanais de Minas
Faemg	Federação da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais
Senar	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
Emater	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EV-UFMG	Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais
ANOVA	Análise de variância
OTQL	Oficina de Treinamento em Qualidade do Leite
OQL	Observatório Brasileiro de Qualidade de Leite
PNQL	Programa Nacional de Qualidade de Leite
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
RBQL	Rede Brasileira de Qualidade de Leite
TIR	Taxa Interna de Retorno
kg	Quilograma
UFC	Unidade Formadora de Colônias
mL	Mililitro
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SIE	Serviço de Inspeção Estadual
SIM	Serviço de Inspeção Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EAPP	Estabelecimento Agroindustrial de Pequeno Porte
LM	Lactonas Macroclílicas
PNQL	Programa Nacional de Qualidade do Leite
QMA	Queijo Minas Artesanal

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	15
2.1.	Objetivo geral.....	15
2.2.	Objetivos específicos	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1.	Qualidade físico-química, celular e microbiológica do leite cru	16
3.1.1.	Qualidade físico-química do leite cru	17
3.1.1.1.	Lactose	18
3.1.1.2.	Gordura	19
3.1.1.3.	Proteína	21
3.1.1.4.	Relação gordura/proteína (RGP).....	22
3.1.1.5.	Extrato Seco Total e Extrato Seco Desengordurado	22
3.1.1.6.	Nitrogênio ureico do leite (NUL)	23
3.1.2.	Qualidade celular do leite cru	23
3.1.2.1.	Contagem de células somáticas (CCS)	23
3.1.3.	Qualidade microbiológica do leite cru	25
3.1.3.1.	Contagem padrão em placas (CPP).....	25
3.1.4.	Resíduos de antimicrobianos.....	28
3.2.	Histórico e evolução da qualidade do leite no Brasil	30
3.3.	Qualidade físico-química, celular e microbiológica de leite cru em Minas Gerais ...	34
3.4.	Qualidade do leite cru e a produção de queijos artesanais em Minas Gerais	35
3.5.	Itamonte e o Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas	37
3.6.	Boas Práticas Agropecuárias aplicadas à qualidade de leite e queijo artesanal	39
4.	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1.	Amostragem	40
4.2.	Acompanhamento extensionista e parcerias institucionais	41
4.3.	Diagnóstico observacional de BPA e manejo de ordenha	42
4.4.	Análises laboratoriais	42
4.5.	Composição centesimal.....	43

4.6.	Contagem de células somáticas.....	43
4.7.	Inibidor microbiano.....	43
4.8.	Delineamento experimental	43
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1.	Informações meteorológicas das coletas.....	46
5.2.	Qualidade físico-química, microbiológica e CCS do leite cru da primeira coleta em queijarias em Itamonte - MG	48
5.2.1.	Qualidade físico-química de leite cru coletado no verão de 2023	48
5.2.1.1.	Conformidade das análises físico-químicas de acordo com o padrão legal vigente	51
5.2.2.	Qualidade microbiológica e de CCS de leite cru coletado no verão de 2023	52
5.2.2.1.	Conformidade das análises de CCS e microbiológicas de acordo com o padrão legal vigente.....	55
5.3.	Resíduos de antimicrobianos no leite cru no verão de 2023	56
5.4.	Diagnóstico observacional das propriedades: pontos críticos identificados para melhoria da qualidade do leite	57
5.5.	Oficina de Treinamento em qualidade de leite realizada em Itamonte após a coleta do verão de 2023	60
5.6.	Qualidade físico-química, celular e microbiológica do leite cru coletado antes e após a OTQL em Itamonte - MG	61
5.6.1.	Avaliação das análises físico-químicas do leite cru coletado antes e após a OFQL	61
5.6.2.	Avaliação das análise microbiológica e celular do leite cru coletado antes e após a OFQL	65
5.7.	Avaliação da conformidade das análises físico-químicas, microbiológica e CCS do leite cru coletado antes e após a OTQL	68
5.8.	Correlação das variáveis físico-químicas, celular e microbiológica do leite cru coletado antes e após a OFQL	72
5.9.	Avaliação do resíduo de antimicrobianos no leite cru coletado antes e após a OFQL ...	74
6.	CONCLUSÃO	74
7.	REFERÊNCIAS	77
8.	ANEXOS	84

1. INTRODUÇÃO

O consumo de leite *in natura* ou em forma de derivados remonta aos séculos XV e XI a.C. (BÍBLIA, 1993, Gênesis 18:8). No Brasil, o gado leiteiro chegou no século XVI, mas apenas três séculos depois iniciou-se a modernização das fazendas, introduzindo tecnologias e técnicas de controle de qualidade da matéria-prima. Os produtos lácteos são essenciais para o combate a fome, geração de emprego e expressão cultural da sociedade brasileira (ADAS, 1983).

Itamonte, um município de Minas Gerais, representa um dos locais em que os derivados lácteos são base consolidada da economia e da cultura, com os queijos artesanais próprios da região. A produção de leite para elaboração desses derivados manteve-se na região com características rudimentares por séculos, sem regulamentação e maiores investimentos estatais.

As políticas públicas destinadas aos queijos artesanais de Itamonte se intensificaram a partir do século XXI. Esse investimento possibilitou a formalização de agroindústrias na região e o aprimoramento da qualidade do leite. O controle de células somáticas, da qualidade microbiológica e dos parâmetros físico-químicos estimulam a sustentabilidade das propriedades rurais localizadas nas terras altas da Mantiqueira de Minas.

A melhoria dos indicadores de qualidade do leite cru promovem maior eficiência produtiva, reduzem os impactos ambientais e asseguram a formalização dos produtos. As condições de trabalho e geração de renda também se transformam a partir da implementação das Boas Práticas Agropecuárias. Da mesma forma, o acesso à informação e à capacitação fortalece a produção artesanal.

A ausência de assistência técnica e gerencial, por outro lado, compromete a permanência de pequenos produtores no setor. Programas extensionistas são fundamentais para difundir boas práticas de higiene e manejo de ordenha, permitindo que os produtores se adequem aos

requisitos legais de qualidade promulgado em legislações específicas, sem perder suas tradições.

A presente pesquisa avaliou os parâmetros físico-químicos, celulares e microbiológicos do leite cru coletado em queijarias de Itamonte. O estudo envolveu a organização de oficina de treinamento para discutir os resultados parciais da qualidade do leite cru utilizado para produção de queijos artesanais com os produtores e promover a implementação de técnicas para melhoria dos parâmetros. A análise dos resultados pode demonstrar a importância da extensão rural para a promoção social de mais produtores da região, contribuindo para o desenvolvimento local.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade físico-química, celular e microbiológica do leite cru utilizado para elaboração de queijos artesanais, antes e depois de intervenção extensionista entre os períodos do verão de 2023 e inverno de 2024, no município de Itamonte - MG.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar o perfil físico-químico, celular e microbiológico do leite cru utilizado para beneficiamento de queijos artesanais no verão de 2023 em Itamonte - MG.
- Comparar os resultados da análise de qualidade de leite com práticas de manejo realizadas em propriedades rurais beneficiadoras de queijos artesanais em Itamonte - MG.
- Conduzir oficina de treinamento, baseada na educação dialógica no município de Itamonte - MG, abordando as hipóteses levantadas para os resultados obtidos da análise de leite cru para beneficiamento de queijos artesanais no verão de 2023.

- Conduzir análises físico-químicas, celulares e microbiológicas de leite cru utilizado para elaboração de queijos artesanais em Itamonte após o verão de 2023 até a primavera de 2024.
- Avaliar os resultados das análises antes e depois da oficina de treinamento realizado no município, ponderando hipóteses para os resultados encontrados.
- Investigar a presença de inibidores microbianos no leite cru utilizado para beneficiamento de queijos artesanais no verão de 2023 em Itamonte - MG.
- Determinar o percentual de conformidade das amostras de leite cru utilizado para beneficiamento de queijos artesanais antes e depois da oficina de treinamento realizada no município.
- Correlacionar a composição centesimal do leite com a qualidade microbiológica e celular do leite, avaliando se há relação entre os parâmetros.
- Subsidiar base de dados aos órgãos e instituições de interesse, para a atuação direcionada no município de Itamonte - MG, visando a melhoria da qualidade de leite.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Qualidade físico-química, celular e microbiológica do leite cru

A qualidade do leite é avaliada perante requisitos físico-químicos e microbiológicos, além da CCS. O Art. 40 da Instrução Normativa 77, de 26 de novembro de 2018 promulgou a obrigatoriedade da avaliação da qualidade de leite cru estocado em tanques de refrigeração individual ou de uso comunitário, bem como do leite cru recebido em latões. O Governo Brasileiro representado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) estabeleceu que a

análise desses parâmetros deveria ser realizada por laboratórios da Rede Brasileira de Qualidade de Leite (RBQL) (BRASIL, 2018b).

As análises citadas pelo Mapa são ferramentas para desenvolver o diagnóstico de situação do leite cru, determinando pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças para a melhoria dos parâmetros nas propriedades rurais. O planejamento de ações para promover melhores índices está relacionado à técnicas de implementação, treinamento e monitoramento de Boas Práticas Agropecuárias (BPA).

Os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade do leite cru são os teores de gordura, proteína total, lactose anidra, extrato seco total e extrato seco desengordurado; a contagem de células somáticas; a contagem padrão em placas; a pesquisa de resíduos de produtos de uso veterinário e outras análises que forem contempladas em normas complementares específicas. A frequência da análise do leite cru para estabelecimentos que beneficiem leite de terceiros é mensal, enquanto os estabelecimentos que beneficiam o próprio leite podem realizá-las a cada três meses (BRASIL, 2019).

3.1.1. Qualidade físico-química do leite cru

O leite é composto de água, lactose, lipídeos, proteínas, sais minerais, vitaminas e compostos aromáticos. A interação entre esses componentes influencia as características nutricionais, tecnológicas e sensoriais dos produtos beneficiados a partir dessa matéria prima. Fox e colaboradores (2015) relataram que as vacas produzem leite com 12,7% de sólidos totais. As porcentagens de gordura, lactose, proteínas e cinzas no leite desses animais é de 3,7%, 3,4%, 4,8% e 0,7%, respectivamente.

Os componentes físico-químicos do leite, em exceção das cinzas, possuem padrão vigente no Brasil. Os teores mínimos de gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado preconizados são 3,0 g/100g, 4,3 g/100g, 2,9 g/100g, 12,4 g/100g e 8,4 g/100g, respectivamente (BRASIL, 2018a).

O objetivo desses padrões legais é estabelecer critérios mínimos de qualidade para a matéria-prima. Com base neles, é possível planejar atividades, procedimentos e ações voltadas à produção de um leite que atenda aos requisitos de qualidade e assegure a inocuidade do produto ao consumidor.

3.1.1.1. Lactose

A lactose é um dissacarídeo importante para a manutenção da vida dos mamíferos, conhecida como “açúcar do leite”. O fornecimento de energia e a manutenção do equilíbrio osmótico entre o sangue e o lúmen alveolar da glândula mamária são as principais funções desse nutriente (COSTA *et al.*, 2019). A síntese da lactose ocorre no Complexo de Golgi, pela união de glicose e galactose pela ligação β -1,4-glicosídica (FOX, 2015).

A lactose é exocitada em forma de vesículas sem atravessar diretamente a membrana celular. Sua presença no lúmen alveolar exerce um efeito osmótico, promovendo a movimentação de água para o interior da célula secretora, o que contribui para o volume do leite produzido (FOX, 2015).

A lactose apresenta pouca variação percentual em relação à composição do leite devido ao seu efeito regulador da pressão osmótica (PERES, 2001). Apesar disso, condições inadequadas de saúde ou envelhecimento dos animais podem gerar alterações significativas no teor desse componente. Souza e colaboradores (2009) em estudo conduzido com 24 rebanhos, observaram variações no teor de lactose em vacas com mastite, sugerindo que a causa seja danos na integridade do epitélio glandular.

Soares e colaboradores (2013) afirmaram que essa relação torna a lactose menos propensa a variações em função de fatores ambientais. Os autores ainda citam que embora efeitos da dieta não tenha efeitos significativos sobre o teor de lactose, condições extremas de subnutrição podem reduzi-lo.

Rosa (2019), por sua vez, avaliou o percentual de lactose no leite cru em diferentes proporções de dieta (volumoso:concentrado). As dietas com mais volumoso apresentaram aumento significativo ($P < 0,05$) da concentração de lactose.

A lactose é fundamental para formação da identidade de derivados lácteos como leites fermentados e queijos maturados. A produção de queijo a partir do leite cru também está relacionada ao teor de lactose no leite. As bactérias ácido-láticas (BAL) iniciadoras ou *starter cultures* fermentam a lactose presente no leite diminuindo o pH e favorecendo a coagulação (BLAYA, *et al.*, 2018).

Cabral e colaboradores (2016) avaliaram a concentração de lactose de acordo com extrato de produção diária de leite ($< 15L$, $15L - 25L$ e $> 25L$). Os autores observaram pouca variação da lactose de acordo com a quantidade de leite produzida por animal.

O teor mínimo de lactose definido pela legislação brasileira vigente é de 4,3g/100g (BRASIL, 2019b).

3.1.1.2. Gordura

A gordura é uma fonte energética importante no leite e sua conformação na matéria prima é de emulsão óleo em água. Noventa e oito por cento da fração lipídica presente no leite são triglicerídeos, compostos constituídos por uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos.

Os fosfolipídeos correspondem a cerca de 0,8% e constituem as membranas de gordura do leite. Os ésteres, ácidos graxos livres e vitaminas lipossolúveis representam pequena parcela dos lipídeos (FOX & MCSWEENEY, 2006).

O retículo endoplasmático rugoso produz a gordura nas células epiteliais alveolares. Os ácidos graxos voláteis (AGV) e os ácidos graxos não esterificados servem como precursores dessa

síntese. Esses substratos dão origem aos ácidos graxos, que posteriormente formam os triglicerídeos do leite (HARDING, 1995).

Fatores extrínsecos e intrínsecos aos animais influenciam o teor de gordura no leite. O escore corporal, o estágio da lactação, a idade ao parto e os meses no ano são fatores que influenciam o percentual desse componente no leite (NORO et al, 2006).

Montanhini e colaboradores (2013) relataram correlação positiva entre CCS e gordura, e negativa entre CCS e lactose. Embora o volume de leite não tenha sido avaliado, os autores sugerem que o aumento percentual da gordura pode estar associado à sua concentração, decorrente da redução mais acentuada da produção láctea em casos de mastite.

Gammariello e colaboradores (2024), ao investigarem o impacto de uma inflamação estéril induzida na glândula mamária sobre a composição do leite, avaliaram que não houve diferença significativa entre o aumento de CCS e os teores de gordura. Os autores destacam que essa estabilidade contrasta com achados de outros estudos: enquanto alguns relatam aumento nos teores de gordura em função da redução do volume de leite causada pela mastite, outros indicam diminuição dos teores lipídicos em vacas com inflamação mamária.

A alimentação das vacas é um fator relevante para a síntese lipídica, como citado por Harding (1995). A proporção volumoso:concentrado é um dos pontos críticos para manutenção dos teores no leite. Proporções entre 40:60 a 60:40 são indicadas para manter os percentuais sem alterações significativas (ROSA, 2019).

Carvalho e colaboradores (2024) observaram associação significativa entre sazonalidade e volume de produção com os teores de gordura no leite. Os autores sugerem que em meses de seca com a redução da qualidade das forragens e do volume de produção, ocorre o aumento proporcional dos teores de gordura do leite.

O teor mínimo de gordura definido pela legislação brasileira vigente para manter os padrões de identidade e qualidade do leite cru é de 3,0g/100g (BRASIL, 2019b).

3.1.1.3. Proteína

As proteínas do leite são importantes para a produção de derivados lácteos. A estrutura de conformação desses compostos auxilia a conferir propriedades que influenciam no beneficiamento de produtos finais, como a gelificação, a emulsificação, a viscosidade, a formação de espuma e a tensão interfacial entre óleo e água (McSWEENEY; & FOX, 2013b).

A fração proteica do leite é composta principalmente por caseínas, que correspondem a 80% das proteínas, e proteínas do soro, que correspondem a 20% da fração total. Outras substâncias também são encontradas no leite em porcentagens pequenas e correspondem a proteases e nitrogênio não proteico (NPN), como ureia e aminoácidos livres (McSWEENEY; & FOX, 2013a).

As caseínas são compostas por quatro proteínas principais: α 1-caseína, α 2-caseína, β -caseína e κ -caseína. No leite, estão organizadas em estado coloidal, formando micelas que estabilizam fosfato de cálcio em seu interior. Essas estruturas são fundamentais na produção de derivados lácteos, especialmente queijos, por atuarem como componentes ativos na coagulação do leite. (SILVA, *et al.*, 2019).

As proteínas do soro, por sua vez, encontram-se diluídas na água da matéria prima e apresentam-se em quatro principais grupos: α -lactoalbumina, β -lactoglobulina, albumina sérica bovina e imunoglobulinas. Segundo De Vargas e colaboradores(2014), esses compostos possuem propriedades bioativas, com potencial de atuação benéfica aos consumidores sobre os sistemas cardiovascular, nervoso, gastrointestinal e imunológico.

Amalfitano e colaboradores (2020) demonstraram que a genética e o perfil racial das vacas leiteiras são fatores determinantes na composição proteica do leite. Por meio da análise de seis raças bovinas, os autores constataram que as frações proteicas do leite são significativamente influenciadas por fatores genéticos ($P < 0,05$), incluindo os genótipos dos genes CSN2, CSN3 e BLG. Entre as raças avaliadas, a Jersey destacou-se por apresentar os maiores teores de

proteína bruta, proteína verdadeira e caseína, evidenciando seu potencial na produção de leite com maior valor nutricional e tecnológico.

O teor mínimo que a legislação brasileira determina para proteínas é de 2,9g/100g (BRASIL, 2019b).

3.1.1.4. Relação gordura/proteína (RGP)

A relação gordura/proteína é um indicador não especificado na legislação brasileira vigente para controle de qualidade do leite (BRASIL, 2018b). Esse índice porém, pode ser útil para o diagnóstico de alterações na composição do leite ligadas à dieta (PERES, 2001).

A relação é obtida ao dividir o teor de gordura pelo teor de proteína do leite. A literatura científica subsidia intervalos diferentes para avaliação do balanço energético dos animais. Glatz-Hoppe e colaboradores (2020) apontam que valores menores que 1,0 indicam alto suprimento energético na dieta e risco de acidose. A RGP entre 1,0 e 1,4 sugere fornecimento adequado de dieta. A deficiência de energia pode ser sugerida quando os valores forem observados entre 1,4 e 1,6. O risco de cetose causado por deficiência energética aumenta quando a RGP é acima de 1,6.

3.1.1.5. Extrato Seco Total e Extrato Seco Desengordurado

O extrato seco total (EST) corresponde à soma de todos os componentes do leite, excetuando-se a água. Dentre esses sólidos, a lactose representa aproximadamente 35% da fração total, seguida pelas proteínas (FOX, 2015). Já o extrato seco desengordurado (ESD) refere-se à fração sólida isenta de gordura. Tanto o EST quanto o ESD são considerados indicadores da qualidade do leite cru e influenciam diretamente o rendimento e a qualidade dos derivados lácteos.

Variações do EST podem ser atribuídas a possíveis variações no teor de gordura. O manejo nutricional dos animais está diretamente relacionado ao percentual de gordura e, logo, de

EST. Tratando-se de ESD, a proporção de lactose e proteína do leite é fundamental para garantir análises conformes perante a legislação. Montanhini e colaboradores (2013) avaliaram o leite proveniente do sul do Brasil e apontaram que amostras de EST encontravam-se fora do padrão legal.

3.1.1.6. Nitrogênio ureico do leite (NUL)

A análise de qualidade de leite por métodos analíticos é considerada uma ferramenta importante para avaliação da situação nutricional dos animais. O nitrogênio uréico do leite (NUL) é considerado um dos componentes associados a verificação do equilíbrio energético e proteico dos animais (DREYER, et al, 2021).

Valores abaixo de 12 mg/dL sugerem limitações da síntese de proteína microbiana do rúmen e, conseqüentemente, menores níveis de proteína metabolizável no intestino delgado das vacas. Valores acima de 18 mg/dL podem indicar perdas energéticas e excesso de ureia no sangue do animal, podendo gerar desequilíbrios reprodutivos e imunológicos. (PERES, 2001).

Magalhães (2003), em estudo conduzido em Minas Gerais, evidenciou que de trinta e três lotes avaliados de vacas mestiças leiteiras, apenas seis apresentaram NUL entre 12 e 16 mg/dL, sendo apenas três acima do intervalo citado.

Apesar de sua relevância zootécnica, atualmente não há padrão legal estabelecido para NUL em leite cru no Brasil. No presente estudo, a quantificação do NUL visa contribuir para a caracterização global da matéria-prima utilizada nas propriedades avaliadas, não tendo como objetivo principal a avaliação da situação nutricional dos animais.

3.1.2. Qualidade celular do leite cru

3.1.2.1. Contagem de células somáticas (CCS)

Uma das principais afecções que preocupam a produção leiteira global é a inflamação da glândula mamária. A mastite, como é chamada essa inflamação, é causada principalmente pela ação de bactérias patogênicas que invadem a glândula mamária, provocando mobilização e infiltração de células de defesa para a resposta imunológica (RUEGG, 2017).

Na condição de mastite subclínica estéril induzida experimentalmente, Gammariello e colaboradores (2024) observaram que o recrutamento de leucócitos para a glândula mamária provocou alterações no metabolismo local, evidenciadas pelo aumento significativo das concentrações de lactato no leite e por sinais de comprometimento da integridade epitelial. Tais injúrias tissulares refletiram-se na composição do leite, com redução dos níveis de lactose e aumento das concentrações de proteases, o que pode comprometer sua qualidade e valor tecnológico.

Para identificar e avaliar o grau de mastite, a CSS é amplamente utilizada no Brasil, constituindo um método acessível, rápido e de bom desempenho (SCHWARZ *et al.*, 2011). Essa análise disponibiliza a contagem de células de defesa e células epiteliais de descamação, resultando em dados para avaliação do grau de comprometimento do úbere do animal (RUEGG, 2017).

A literatura sugere que CCS acima de $2,0 \times 10^5$ células/mL é indício de mastite. O rendimento de queijos também diminui à medida que as contagens de células somáticas aumentam. O limite máximo indicado para a produção desses derivados lácteos também é de $2,0 \times 10^5$ células/mL, uma vez que a mastite tende a diminuir a síntese e aumentar a degradação da caseína (SILVA, 2012).

Esse fenômeno pode ser justificado pelo aumento da permeabilidade da barreira epitelial da glândula mamária e produção de proteases, como a plasmina. O aumento de proteínas séricas no leite também está relacionado aos fatores descritos, resultando na instabilidade do coágulo e maior perda de soro durante a produção de queijo (PEGOLO *et al.*, 2021, SILVA, 2012).

Um programa eficiente para controle de mastite envolve a profilaxia e o diagnóstico precoce. A mastite é uma doença multifatorial e a evolução da doença no animal depende de sua resistência inata e imunidade adaptativa, bem como a concentração e patogenia dos agentes etiológicos. Utilizar práticas que reduzam a contagem microbiológica nos tetos é medida fundamental para prevenir a doença (TOMMASONI *et al.*, 2023).

Os métodos de melhor custo benefício disponíveis para diagnóstico de mastite ao produtor são o teste da caneca de fundo preto (TCFP) e o *California Mastitis Test* (CMT), responsáveis pela detecção de mastite clínica e subclínica, respectivamente. A utilização de manejo higiênico de ordenha envolvendo o *pre-dipping*, *pos-dipping* e linha de ordenha também são fundamentais para prevenção e controle da doença (BOOR, 2017; RUEGG, 2017).

O tratamento da mastite deve ser direcionado aos microrganismos previamente identificados, utilizando antimicrobianos específicos para cada caso. A adoção de protocolos adequados é essencial para garantir a saúde dos animais, reduzir o risco de resistência bacteriana, aumentar a segurança do alimento e minimizar impactos ambientais relacionados ao descarte de resíduos químicos e biológicos (BRASIL, 2019; KROMKER & LEIMBACH, 2017).

A legislação mineira decreta que a análise do leite cru em estabelecimentos produtores de queijos artesanais deve ser realizada em uma frequência não superior a três meses (MINAS GERAIS, 2018; MINAS GERAIS, 2020). A determinação prevista não deve ser encarada como uma mera burocracia e pode ser a porta de entrada para conscientização e controle da qualidade do leite e da eficiência produtiva.

A utilização de métodos para diagnóstico de mastite nas propriedades também é previsto em legislação (MINAS GERAIS, 2018; MINAS GERAIS, 2020).

3.1.3. Qualidade microbiológica do leite cru

3.1.3.1. Contagem padrão em placas (CPP)

A CPP é uma análise indispensável para monitoramento das práticas higiênicas na produção de leite. Essa ferramenta permite identificar as contagens de unidades formadoras de colônia (UFC) por mililitro de leite (mL) e então, monitorar as práticas agropecuárias. As principais fontes de contaminação microbiológica do leite são o ambiente, as fezes, a água e o úbere das vacas (MARTIN, *et al.*, 2023).

A CPP é amplamente utilizada para estimar a carga bacteriana total no leite. Sampaio e colaboradores (2015) observaram correlação positiva entre a contagem total e os microrganismos mesófilos ($r = 0,70$) e psicrotróficos ($r = 0,67$), evidenciando a relevância desses grupos na análise.

Microrganismos mesófilos apresentam temperatura ótima de multiplicação entre 20 °C e 44 °C. Já os psicrotróficos são capazes de se desenvolver em ambientes refrigerados, com capacidade de multiplicação mesmo a 7°C ou menos, ainda que sua temperatura ideal seja superior a essa faixa (BYLUND, 2003).

As bactérias ácido lácticas são exemplos de microrganismos mesófilos presentes no leite. O papel dessas bactérias é fundamental para formação de compostos voláteis em derivados lácteos, definindo aroma, odor e sabor (CARDOSO, 2022).

Os coliformes também são mesófilos de interesse para a qualidade do leite cru e podem ser quantificados pela CPP. Esses microrganismos são bactérias Gram-negativo que fermentam a lactose gerando acidificação e gás. Alguns coliformes apresentam potencial patogênico, como algumas cepas de *Escherichia coli*. (DAVIDSON *et al.*, 2016).

Listeria monocytogenes é outro exemplo de patógeno mesófilo que impacta a qualidade e segurança do leite cru. Trmčić *et al.* (2016) detectaram sua presença em 9,6% de 52 queijos artesanais analisados nos Estados Unidos. O risco foi significativamente maior em queijos com casca lavada ($p < 0,05$), indicando falhas higienico-sanitárias e possível contaminação ambiental recorrente nas unidades produtoras.

No contexto brasileiro, a presença de *Listeria monocytogenes* em queijos artesanais evidencia riscos sanitários persistentes. Pesquisa conduzida na Paraíba detectou a bactéria em níveis acima do permitido em 16,6% das amostras de queijo coalho artesanal, todas sem inspeção sanitária. O achado reforça a necessidade de rigor na adoção de boas práticas e fiscalização no setor (DE SOUSA BEZERRA et al., 2025).

Embora a CPP não diferencie os psicrotróficos, esses microrganismos podem compor a carga bacteriana total, como indicado por Sampaio et al. (2015), que observaram forte correlação entre suas contagens e os valores totais no leite cru refrigerado. Os microrganismos do gênero *Pseudomonas* são exemplos desse grupo e estão relacionados à qualidade da água utilizada na ordenha. Os defeitos causados por essas bactérias podem ser amargor e pigmentações azuis em queijos (CARMINATI et al., 2016; CARRASCOSA et al., 2021).

O impacto dos psicrotróficos torna-se ainda mais relevante na produção de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas, onde é permitida a refrigeração do leite da tarde para utilização com o leite da manhã seguinte. Nessa condição, esses microrganismos podem se multiplicar e produzir enzimas termooestáveis, capazes de comprometer o sabor, aroma e textura dos queijos mesmo após o processamento térmico.

Dessa forma, a CPP é uma ferramenta de diagnóstico de contagem de bactérias de interesse para a qualidade do leite e são importantes para monitorar as práticas de higiene das propriedades (BOOR, 2017).

Van Schaik e colaboradores (2000), em estudo conduzido em cinco grandes cooperativas lácteas no estado de Nova York - Estados Unidos da América, concluíram que fazendas com contagens de CCS no leite acima de $2,0 \times 10^5$ células/mL apresentaram maiores contagens de CPP. Os pesquisadores também apontaram que as maiores contagens para CCS e CPP ocorreram no verão.

Borneman e Ingham (2014), também nos Estados Unidos, confirmaram a correlação estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre as duas variáveis. Contudo, os autores destacam

que a variação explicada foi muito baixa, sugerindo que outros fatores, além da CCS, influenciam diretamente a contagem bacteriana total no leite cru.

Moreira e colaboradores (2021) em estudo conduzido em 1.600 propriedades leiteiras em sete regiões de Minas Gerais observaram variações estatisticamente significativas de CPP ($P < 0,05$). O período das águas (outubro a março) apresentou maiores contagens, assim como o grupo de produção de até 200 litros de leite por dia. A CCS por sua vez não apresentou diferença significativa entre faixas de produção e época do ano ($P > 0,05$).

As pesquisas citadas sugerem que, apesar do aumento de CPP poder estar relacionado com a contaminação da glândula mamária, fatores externos também influenciam a variável. Guerreiro e colaboradores (2005) observaram diminuição na contagem de microrganismos com adoção de técnicas de manejo como higiene de utensílios e equipamentos, higiene de colaboradores, higiene do ambiente e adequação da rotina de ordenha.

O padrão legal para CPP no Brasil é de 300.000 UFC/mL (BRASIL, 2018a). Todavia, D'Amico e Donnelly (2010) citam que a *Specialist Cheesemakers Association* (SCA) sugerem que para produção de leite cru de qualidade - principalmente tratando-se do beneficiamento de queijos artesanais de leite cru, contagens menores que 10.000 UFC/mL são as indicadas.

3.1.4. Resíduos de antimicrobianos

Os resíduos de antimicrobianos e contaminantes em produtos de origem animal são uma preocupação crescente ao longo dos anos. Em 1999, o Mapa promulgou o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) e expandiu, ao passar dos anos, a aplicabilidade e o monitoramento do programa (BRASIL, 1999).

Os dados disponibilizados no plano nacional em relação a antimicrobianos e contaminantes no leite em 2023 somaram 1.134 amostras, sendo que sete foram consideradas não conformes. Mesmo que esse resultado tenha representado apenas 0,62% do amostral, estudos recentes atribuem o uso despadronizado de antimicrobianos a cepas multirresistentes de

microrganismos. O controle de antimicrobianos e outros resíduos é fundamental para a saúde única (EL ZOWALATY *et al.*, 2023, BRASIL, 1999)

De Medeiros e colaboradores (2017) identificaram resíduos de antimicrobianos em 46% das amostras de leite cru analisadas em queijarias artesanais informais no Rio Grande do Norte. Os autores sugerem que esse resultado pode estar relacionado a falhas no manejo sanitário, como o não cumprimento do período de carência após tratamento dos animais.

Pesquisas recentes demonstram que queijos artesanais de leite cru no Brasil podem veicular bactérias resistentes e potencialmente virulentas. Em estudo conduzido por Aguiar *et al.* (2024), *Staphylococcus aureus* isolados apresentaram elevadas taxas de resistência a antimicrobianos amplamente utilizados, como penicilina (33%), clindamicina (28%), eritromicina (26%) e tetraciclina (23%). Destaca-se ainda a presença do gene de leucocidina de Panton-Valentine em 39% dos isolados, associado ao aumento da patogenicidade bacteriana.

De maneira semelhante, Campos (2024) identificou *Escherichia coli* multirresistente e a presença de outros microrganismos, como *Enterococcus faecalis*, em queijos artesanais. Esses resultados indicam que a utilização de leite cru na produção artesanal pode facilitar a manutenção e disseminação de microrganismos resistentes, tornando fundamental o monitoramento microbiológico e a adoção rigorosa de boas práticas higiênico-sanitárias para proteção da saúde pública.

Cabe ressaltar que o método empregado no estudo consistiu em uma triagem qualitativa, sem identificação ou quantificação dos princípios ativos detectados. Essa limitação impossibilita a comparação direta com os limites máximos de resíduos estabelecidos pela RDC 730/2022 e IN 162/2022, que exigem a determinação específica e quantitativa dos antimicrobianos presentes no leite (BRASIL, 2022a; BRASIL, 2022b).

Ströher *et al.* (2022) relataram a detecção de fluoroquinolonas em uma das 651 amostras de leite cru refrigerado analisadas durante o monitoramento de rotas de coleta no norte do Rio

Grande do Sul. O leite contaminado, oriundo de um único produtor, resultou na inutilização de aproximadamente 3.680 litros armazenados no caminhão isotérmico, sendo descartado conforme os protocolos sanitários da empresa.

Por outro lado, estudos realizados com leite cru destinado à produção de queijos artesanais em Minas Gerais não identificaram a presença de antimicrobianos. Ainda assim, esse controle deve ser realizado com frequência, considerando as circunstâncias dinâmicas das propriedades rurais e a possibilidade de variações ao longo do tempo (FIGUEIREDO, 2018; VALENTE, 2020).

O monitoramento de resíduos de antimicrobianos é fundamental para prevenir a seleção de bactérias resistentes, que podem circular entre animais, alimentos e humanos. Nesse sentido, El Zowalaty e colaboradores (2023) conduziram um estudo na África do Sul em 178 amostras obtidas de diferentes animais, como galinhas, vacas, cabras e suínos. Foram identificados 24 isolados de *Enterococcus* spp que apresentavam resistência à oxecilina (100%), tetraciclina (45%), sulfametoxazol (35%) e vancomicina (5%). Os autores relataram que 50% dos isolados foram multirresistentes. Os autores ainda ressaltam que alguns genes identificados nos isolados foram também encontrados em outros países.

Os resíduos de produtos veterinários, principalmente os antimicrobianos, além de serem uma preocupação para a seleção de micro-organismos resistentes, também impedem o processo de fermentação para a formação da identidade de queijos artesanais (BRITO & LANGE, 2015; MELO *et al.*, 2015).

3.2. Histórico e evolução da qualidade do leite no Brasil

Em 1999 foi publicada a primeira legislação que propunha melhoria na qualidade do leite brasileiro, advinda do debate da comunidade científica com os produtores rurais e o setor industrial do país (BRASIL, 1999). A ampla discussão acerca do tema levou à publicação da Instrução Normativa 51, que promulgava os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de leites no Brasil (BRASIL, 2002).

O marco normativo que sustenta o Programa Nacional de Qualidade do Leite (PNQL) tem como base o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que decretou o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Esse regulamento define os requisitos essenciais para garantir a qualidade do leite e seus derivados, desde os cuidados com a saúde dos animais até as etapas finais de processamento e distribuição do produto (BRASIL, 2017).

Avanços expressivos na qualidade do leite brasileiro foram impulsionados pelas Instruções Normativas nº 76 e 77, ambas de 26 de novembro de 2018, que estabeleceram padrões mínimos para produção, transporte, beneficiamento e expedição do leite cru refrigerado (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b). Essas normativas detalharam e complementaram os requisitos do Decreto nº 9.013/2017, atualizando critérios de qualidade físico-química e microbiológica em toda a cadeia produtiva.

Em 2021, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) lançou o Observatório da Qualidade do Leite (OQL), um painel público e on-line que reúne dados nacionais provenientes dos laboratórios da Rede Brasileira de Qualidade do Leite (RBQL). O OQL disponibiliza informações atualizadas sobre a qualidade do leite inspecionado pelo Serviço de Inspeção Federal, incluindo médias de gordura, proteína e lactose. Entre 2013 e 2024, esses teores permaneceram acima dos padrões mínimos definidos pelas normativas vigentes (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2024).

O Mapa divulgou pelo OQL, painel *on-line* atualizado, dados acerca da qualidade de leite brasileira, conforme verificado no Anexo I. Os dados foram compilados pelos laboratórios credenciados da Rede Brasileira de Qualidade de Leite (RBQL). As médias nacionais dos teores percentuais de lactose, gordura e proteína entre os anos de 2013 e 2024 (Figura 1 - Anexo I) mantiveram-se acima dos padrões oficiais promulgados em 2018 (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2024).

A tendência do gráfico é linear para os três componentes do leite até 2024, quando há diminuição do percentual de gordura (3,64g/100g). Fatores como alimentação, escore corporal, estágio da lactação, idade ao parto, meses no ano, volume de leite e mastite podem afetar os níveis de gordura no leite (HARDING, 1995; NORO *et al.*, 2006; ROSA, 2019; CARVALHO *et al.*, 2024).

A tendência linear do gráfico de ESD e EST foi mantida até 2023 (Figura 2 - Anexo I). Em 2024, a queda de EST pode estar relacionada à queda de gordura demonstrada na figura

A variação dos resultados entre os anos de 2013 e 2024 para CCS e CPP foi expressiva (Figura 3 - Anexo I). A tendência do gráfico para CCS é crescente e a média geométrica de 2024 ultrapassou o padrão oficial ($5,1 \times 10^5$ células/mL). O dado, no entanto, estava compilado até fevereiro de 2024 quando a presente revisão foi escrita, o que pode ter influenciado a representação real do dado para o ano avaliado.

Valores de CCS superiores a $2,0 \times 10^5$ células/mL são amplamente aceitos na literatura como indicativos de mastite subclínica em rebanhos leiteiros (RUEGG, 2017). Coldebella *et al.* (2003) relataram perdas médias de 4,83 kg de leite por vaca/dia quando a CCS ultrapassa esse valor.

No contexto brasileiro, a Instrução Normativa nº 77/2018 do MAPA estabelece $5,0 \times 10^5$ células/mL como o limite máximo permitido para o leite cru refrigerado destinado ao consumo e à industrialização (BRASIL, 2018b). Embora não exista um valor legal específico para queijos artesanais, o limite de $2,0 \times 10^5$ células/mL é frequentemente adotado como referência técnica devido às perdas econômicas associadas e à redução do rendimento industrial (SILVA *et al.*, 2012).

As médias geométricas de CPP estão dentro do padrão legal no período entre 2013 e 2024, mantendo uma tendência decrescente. Essas leituras são um bom indicativo para a qualidade microbiológica do leite cru no Brasil, mas médias abaixo de $1,0 \times 10^4$ UFC/mL são

preconizados pela comunidade científica para garantia de um leite de qualidade (D'AMICO & DONNELLY, 2010).

A apresentação desses dados é importante para a o aumento da credibilidade do leite brasileiro. O desafio é compilar aos resultados do OQL, os dados dos estabelecimentos que não sejam apenas registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF). A agroindustrialização e registros em serviços estaduais e municipais estão aumentando no país e os dados acerca da qualidade do leite beneficiado localmente ou até mesmo na própria propriedade rural continuam, por vezes, subnotificados.

O Quadro 1 do Anexo III mostra informações sobre a qualidade do leite cru de 2020 a 2024 dos estabelecimentos registrados no Serviço de Inspeção Municipal (SIM), Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e SIF. As análises centesimais de EST, ESD, gordura, proteína e lactose estão acima do preconizado em legislação vigente (BRASIL, 2018b).

Nenhuma média geométrica de CPP no leite cru entre 2020 e 2024, para estabelecimentos registrados no SIE e no SIM, ficou abaixo de 100.000 UFC/mL, embora todas estivessem de acordo com os padrões legais vigentes. A avaliação do Quadro 1 do Anexo II e da Figura 1 do Anexo I sugere uma tendência de melhoria gradual da qualidade microbiológica do leite cru no Brasil nos últimos anos.

É importante destacar que, conforme demonstrado por Beloti et al. (2012), intervenções simples, como a implementação de hábitos de higienização dos equipamentos e rotinas adequadas de ordenha, podem levar a reduções significativas na CPP, o que reforça a relevância da adoção de boas práticas no contexto atual.

As médias geométricas de CCS observadas no Quadro 01 do Anexo II estavam de acordo para todos as esferas de inspeção apenas no ano de 2020. Os estabelecimentos registrados no SIF e no SIE mantiveram-se dentro dos padrões legais em 2021, mas os registrados no SIM obtiveram média geométrica de $5,1 \times 10^5$ CS/mL.

Os valores ultrapassam o padrão legal a partir de 2022 para estabelecimentos SIE e de 2024 para SIF. Desde 2018, a Instrução Normativa 76/2018 tornou obrigatória a análise mensal de CCS em todos os laticínios que beneficiam leite de terceiros, e em 2021 o OQL passou a incluir dados de laboratórios estaduais e municipais no monitoramento.

Independentemente da causa, seja por queda da qualidade do leite ou pelo maior acesso às análises por parte de estabelecimentos previamente informais, a instrução bem conduzida em relação ao manejo de ordenha e controle de mastite é a melhor estratégia para buscar melhores resultados para qualidade de leite. Essas práticas possuem rápido retorno de capital investido (*payback*) e ótima Taxa Interna de Retorno - TIR (BRITO *et al.*, 2004; PAIXÃO *et al.*, 2014).

3.3. Qualidade físico-química, celular e microbiológica de leite cru em Minas Gerais

Minas Gerais lidera a produção nacional de leite, totalizando 9,4 bilhões de litros ao ano (IBGE, 2024). Conforme o RIISPOA, o leite pode ser beneficiado em unidade de beneficiamento de leite e produtos derivados ou em queijarias artesanais, que realizam a produção e maturação de queijos, foco deste estudo (BRASIL, 2017).

A Figura 4 do Anexo I, apresenta os parâmetros físico-químicos, celular e microbiológico do leite beneficiado em estabelecimentos registrados no Mapa em Minas Gerais, entre o período de janeiro e dezembro de 2023. O período demonstrado é o último intervalo anual completo disponível no OQL do Mapa e fornece informações sobre a qualidade do leite cru no estado.

A lactose manteve tendência linear no período relatado, com variação entre 4,49g/100g e 4,53g/100g. A proteína e a gordura apresentaram maiores valores entre as estações do outono e inverno. Em maio de 2023, a proteína estava 3,4g/100g e a gordura 3,84g/100g, correspondendo ao outono. A gordura apresentou valor de 3,86g/100g em junho, correspondendo à maior leitura do ano analisado.

Por outro lado, os menores valores encontrados para proteína e gordura foram em outubro de 2023, sendo 3,2g/100g e 3,49g/100g, respectivamente. O mês citado para as menores médias faz parte da primavera.

O ESD e EST seguem tendência linear ao longo do ano analisado. No período do outono e inverno de 2023 o EST apresentou ligeiro desvio, aumentando as médias observadas. O ESD apresentou menor e maior valor de 8,67g/100g (outubro) e 8,78g/100g (maio), respectivamente. A média de EST por sua vez, variou entre 12,15g/100g (outubro) e 12,62g/100g (maio).

A CCS do leite cru apresenta tendência linear durante o período analisado, variando próximo ao limite máximo ditado pela legislação. Os valores entre $4,63 \times 10^5$ células/mL e $5,17 \times 10^5$ células/mL, sugerem a dificuldade em relação ao controle de mastite no rebanho leiteiro mineiro no período analisado. A CPP do leite cru por outro lado, encontra-se abaixo do preconizado pela legislação, variando entre $5,8 \times 10^4$ UFC/mL e $6,30 \times 10^4$ UFC/mL.

3.4. Qualidade do leite cru e a produção de queijos artesanais em Minas Gerais

Os Queijos Artesanais de Minas Gerais (QAM) são elaborados a partir do leite cru e expressam características de identidade e qualidade específicas conforme a região produtora (MINAS GERAIS, 2018). A produção desses queijos está majoritariamente vinculada à agricultura familiar e aos pequenos produtores, que promovem a valorização da cultura por meio de técnicas transmitidas entre gerações (MENESES, 2006).

É importante distinguir que o termo QAM refere-se a todo queijo artesanal produzido no estado, abrangendo diferentes tipos e regiões. Já o Queijo Minas Artesanal (QMA) é uma denominação específica atribuída a um tipo de queijo de leite cru, de massa crua elaborado com pingo e reconhecido por legislação própria.

A utilização do leite sem tratamento térmico para produção desses derivados, fundamenta-se na valorização da cultura do estado e no impacto econômico da atividade a nível local. A

matéria prima utilizada é naturalmente colonizada por microrganismos capazes de alterar as características sensoriais dos QAM, como sabor, aroma e textura. Cardoso (2022) comparou a microbiota de Queijo Minas Artesanal e compostos voláteis e observou a presença de microrganismos como acidipropionibacterias e BAL, relacionando à formação de sabor e aroma nos produtos.

A segurança dos queijos artesanais está diretamente relacionada à qualidade do leite cru utilizado na fabricação. Estudos de caracterização do Queijo Minas Artesanal nas microrregiões de Araxá (SALES, 2015), Serra do Salitre (FIGUEIREDO, 2018) e Campo das Vertentes (VALENTE, 2020) demonstram que a matéria-prima utilizada apresenta médias de parâmetros físico-químicos dentro dos padrões legais, condição essencial para a obtenção de produtos seguros e de qualidade reconhecida.

No entanto, a avaliação dos parâmetros microbiológicos nessas regiões revela particularidades. A CCS do leite cru esteve abaixo do padrão legal em Campo das Vertentes e Serra do Salitre, enquanto as leituras em Araxá superaram o limite recomendado. Os valores de CPP, por sua vez, mantiveram-se dentro do padrão em todas as microrregiões, exceto durante o período chuvoso em Araxá. Esses resultados destacam a importância do controle rigoroso da matéria-prima para garantir a segurança dos queijos artesanais.

Estudos recentes também caracterizam queijos artesanais de Minas Gerais (QAM) que não seguem o mesmo processo do Queijo Minas Artesanal (QMA). O Queijo d'Alagoa, produzido de forma artesanal no município de Alagoa, vizinho a Itamonte e de grande relevância para a agroindústria local, foi avaliado por Pires et al. (2019), que identificaram 72% das amostras em desacordo para CCS e 67% para CPP. Esses dados evidenciam desafios microbiológicos mesmo em produtos artesanais reconhecidos regionalmente.

No município de Carvalhos é produzido Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas, assim como em Itamonte - MG. Ao caracterizar o queijo produzido no município, Castro e colaboradores (2023) indicaram que 75% dos rebanhos apresentaram CCS acima do preconizado pela legislação federal. Em relação a CPP, 81% das amostras apresentaram não conformidade.

Embora os queijos artesanais de Minas Gerais representem um importante legado cultural e econômico, muitas propriedades ainda enfrentam a informalidade, seja pela ausência de instalações adequadas, seja pela inexistência de Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ) específicos para algumas variedades regionais. Ressalta-se, contudo, que a produção do Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas já conta com RTIQ próprio, estabelecido pela Portaria 2049/2021 (MINAS GERAIS, 2021). Em todos os casos, a qualidade da matéria-prima é fundamental para a obtenção de produtos seguros e valorizados, especialmente devido ao uso de leite cru na fabricação.

Dessa forma, mesmo que as queijarias de Minas Gerais possam estar à margem da análise brasileira tratada no tópico anterior, o processo ensino-aprendizado acerca das Boas Práticas Agropecuárias e Boas Práticas de Fabricação constituem o principal método para a melhoria contínua dos QAM e tantos outros produtos mineiros.

A Figura 4 do Anexo I mostra que, exceto para CCS nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, as análises permaneceram dentro do padrão legal. O aumento da CCS nesse período pode estar associado à maior incidência de mastite durante a estação chuvosa, fenômeno relatado em estudos prévios (SALES, 2014; CASTRO et al., 2016; VALENTE, 2020). Em contraste, Figueiredo (2018) e Valente (2020) não observaram essa variação em outras regiões de Minas Gerais. Ressalta-se que contagens inferiores a $2,0 \times 10^5$ células/mL são desejáveis para a produção de queijos de melhor rendimento e qualidade sensorial (SILVA et al., 2012).

3.5. Itamonte e o Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas

Itamonte é um município localizado nas Terras Altas da Mantiqueira em Minas Gerais e possui 14.786 habitantes (Figura 5 do Anexo I). Dos 431,792 km² que compõem Itamonte, apenas 3,97 km² são de área urbanizada, concretizando como um importante polo rural. Por apresentar divisa com São Paulo, a história remonta o início da organização de Itamonte - previamente de chamada de Vereda do Capivari, ao século XVII. Naquela época, as bandeiras

organizadas para adentrar ao planalto das Gerais fizeram daquele local, estrada e pousos para descanso dos que ali trilhavam (IBGE, 2019) .

A descoberta de regiões auríferas fizeram com que a influência paulista se tornasse ainda maior na região e, após organização do município, conquistou autonomia administrativa em 1938. A tradição queijeira de Alagoa, cidade vizinha de Itamonte, é tratada como influência de Paschoal Polpa, um italiano que imigrou para a microrregião da Mantiqueira de Minas em 1900. Conta-se que a pecuária leiteira era consolidada naquela época e que a tradição italiana o levou a desenvolver um queijo semelhante aos que eram feitos em sua terra natal (PIRES *et al.*, 2019).

Alagoa foi reconhecida como parte de Itamonte em 1938, e apenas em 1962, pela Lei Estadual 2.764, de 30 de dezembro que os municípios se separaram. É a partir dessa informação que a história sobre o surgimento do Queijo Artesanal de Alagoa e do Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas - produzido em Itamonte, se associam (IBGE, 2019; MINAS GERAIS, 2021a; MINAS GERAIS, 2021b).

Influenciada pelo *terroir* da Mata Atlântica e clima ameno, Itamonte registrou, em 2022, produção de 16.950 litros de leite e contava com cerca de 150 produtores de queijo artesanal (IBGE, 2024; informação da Emater local – ver Figura 6, Anexo I). Diante desse contexto produtivo, destaca-se a importância de avaliar a qualidade do leite cru na região, a fim de subsidiar estratégias para valorização e aprimoramento dos queijos artesanais produzidos em Itamonte.

Em relação à produção queijeira, Itamonte foi reconhecido como município pertencente à região produtora de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas pela Portaria IMA 1985, de 16 de junho de 2020. Os outros municípios relacionados a essa tradição são Aiuruoca, Baependi, Bocaina de Minas, Carvalhos, Liberdade, Itanhandu, Passa Quatro e Pouso Alto.

O queijo artesanal da região consiste em um produto de consistência dura, textura tendendo a fechada, cor interna intermediária entre o branco a amarelada, sabor moderadamente salgado

suave a picante e odor moderadamente pronunciado. Em 2021, a Portaria 2049, de 7 de abril, passou a regulamentar a identidade e qualidade desse queijo, abrindo espaço para comércio e valorização dos produtos da região (MINAS GERAIS, 2021a).

A crescente projeção do Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas em concursos reforça a importância de estudos voltados à avaliação da qualidade do leite em Itamonte. Esses dados contribuem para valorizar a produção local e orientar melhorias, fortalecendo a atividade sem comprometer sua tradicionalidade e destacando a necessidade do cumprimento das normas de inspeção sanitária para garantir a segurança e a legitimidade do produto.

3.6. Boas Práticas Agropecuárias aplicadas à qualidade de leite e queijo artesanal

A qualidade do leite cru destinado à fabricação de queijos artesanais está diretamente relacionada à adoção das boas práticas agropecuárias (BPA) na propriedade leiteira. Essas práticas envolvem um conjunto de procedimentos que garantem o controle higiênico-sanitário desde o manejo dos animais até a ordenha, influenciando diretamente os principais indicadores microbiológicos e físico-químicos do leite, como contagem de células somáticas (CCS) e contagem padrão em placas (CPP). A implementação adequada das BPA permite prevenir ou reduzir riscos físicos, químicos e microbiológicos no leite e seus derivados, atendendo às exigências da Instrução Normativa nº 73/2019 do Ministério da Agricultura e Pecuária (BRASIL, 2019).

Estudos realizados no Brasil demonstram o impacto positivo da aplicação dessas práticas no campo. Brito e colaboradores (2004) destacam que propriedades que não adotam rotinas adequadas de higiene durante a ordenha apresentam níveis elevados de contaminação microbiológica e celular, refletindo diretamente na perda de qualidade e segurança alimentar do produto final.

Beloti e colaboradores (2012), avaliando propriedades no Paraná, demonstraram que após treinamento e adoção efetiva de BPA, especialmente as práticas corretas de ordenha e manejo sanitário, houve reduções significativas na contagem padrão em placas (CPP) e na contagem

de células somáticas (CCS). Essa melhora se traduz diretamente em um leite mais adequado para o processamento, resultando em queijos artesanais de melhor qualidade tecnológica e maior segurança microbiológica.

Outro aspecto relevante das BPA foi abordado por Paixão e colaboradores (2014), que avaliaram o impacto econômico dessas práticas nas propriedades leiteiras. Nesse estudo, os autores evidenciaram que a aplicação sistemática das boas práticas, principalmente aquelas relacionadas ao manejo sanitário e ordenha, não apenas melhora os parâmetros qualitativos do leite, mas gera retorno econômico positivo ao produtor por meio das bonificações associadas aos melhores índices microbiológicos e sanitários.

Esses trabalhos reforçam a importância prática e econômica das BPA previstas na IN 73/2019, indo além de uma simples exigência legal e se consolidando como um fator determinante na produção segura e sustentável de leite e derivados artesanais, garantindo maior rentabilidade aos produtores e segurança aos consumidores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Amostragem

O município de Itamonte-MG conta com aproximadamente 150 produtores de queijo artesanal, conforme informação fornecida pelo técnico local da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater-MG). Para o presente estudo, a proposta de participação foi apresentada a todos os produtores ativos, sendo inicialmente 38 que manifestaram interesse e assinaram o Acordo de Participação (Anexo IV).

No decorrer do acompanhamento extensionista, ocorreram desistências e exclusões motivadas por dificuldades logísticas, interrupção da produção, ou indisponibilidade para as coletas em alguma das quatro estações do ano. Dessa forma, o conjunto amostral final foi composto por 23 propriedades, que enviaram amostras em todos os tempos de coleta planejados (ver Tabela 01).

Tabela 01 - Identificação das variáveis “Tempo de Coleta”, correspondentes às “Estações do Ano” em Minas Gerais

Identificação	Tempo de Coleta	Estações do Ano
1	26/12/2023	Verão/2023
2	29/04/2024	Outono/2024
3	08/08/2024	Inverno/2024
4	10/10/2024	Primavera/2024

A Tabela 02 demonstra que nem todos os produtores que assinaram o Acordo de Participação encaminharam amostras de leite em todos os tempos de coleta. O conjunto amostral foi tratado para corresponder ao número de participantes que enviaram amostra em todos os tempos de coleta. O tratamento segue o modelo de análise estatística de medidas repetidas, conforme direcionado por Muhammad e colaboradores (2023).

Tabela 02 - Número amostral inicial e após tratamento de dados de acordo com o tempo de coleta de leite em queijarias no município de Itamonte - MG

Tempo de Coleta	Análises	N após Tratamento
26/12/2023	36	23
29/04/2024	34	23
08/08/2024	32	23
10/10/2024	24	23
TOTAL	126	23

A definição do número final considerou a representatividade dos diferentes perfis produtivos do município, bem como a disponibilidade dos produtores para participar integralmente das etapas do estudo.

4.2. Acompanhamento extensionista e parcerias institucionais

O experimento foi conduzido em Itamonte, um município de Minas Gerais. O leite cru foi coletado em queijarias e era utilizado para o beneficiamento de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas. Houve participação de instituições de assistência técnica e extensão rural, como o Sistema Federação de Agricultura e Pecuária de Minas Gerais (Faemg)/Serviço Nacional de

Aprendizagem Rural de Minas Gerais (Senar) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - Emater.

Duas Técnicas de Campo do Senar realizavam visitas mensais nas propriedades que participaram do presente experimento, visando contribuir com a logística e acompanhamento dos produtores em relação a questões técnicas referentes à análises conduzidas.

Um técnico da Emater também realizou visitas constantes na região durante a execução do presente projeto, buscando promover o desenvolvimento rural dos produtores atendidos para implementação das técnicas passadas durante a presente pesquisa. O Sindicato de Produtores Rurais e a Prefeitura de Itamonte apoiaram a presente pesquisa, buscando o direcionamento em relação a treinamentos e ações a serem executadas para melhoria da qualidade de leite da região.

A proposta de participação foi apresentada aos produtores rurais pelos técnicos de assistência técnica e extensão rural e em reunião online com membros da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV-UFMG).

Após reunião, 38 produtores se manifestaram para contribuir com a presente pesquisa e assinaram o Acordo de Participação, no Anexo IV.

4.3. Diagnóstico observacional de BPA e manejo de ordenha

Técnicas de Campo do Senar, devidamente treinadas por membros da EV-UFMG participantes da presente pesquisa, preencheram o Diagnóstico Observacional (Anexo III) durante as visitas realizadas antes da primeira coleta de amostras de leite cru. O documento corroborou para identificar as práticas de BPA e manejo de ordenha utilizadas na propriedade e sugerir hipóteses para fundamentar os resultados da presente pesquisa.

4.4. Análises laboratoriais

As análises de CCS, CPP, Composição Centesimal e Inibidor microbiano do leite foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite - LabUFMG.

4.5. Composição centesimal

As análises dos teores percentuais de gordura, lactose, EST e ESD foram realizadas por espectrometria média no Infravermelho pelo equipamento Delta CombiScope™ FTIR 400 (ISO 9622:2013).

4.6. Contagem de células somáticas

As análises de CCS e CPP foram realizadas pelos equipamentos Delta CombiScope™ FTIR 400 (ISO 13366-2:2006) e BactoScan FC® (ISO 4833-1:2015; ISO 16297:2020/IDF 161:2020; ISO 21187:2021/IDF 196:2021), respectivamente.

4.7. Inibidor microbiano

Realizou-se pesquisa de inibidores microbiológicos das amostras utilizando o Kit Delvotest® (ISO/TS 26844:2006).

4.8. Delineamento experimental

Os 23 produtores foram estratificados em três níveis de produção diária de leite (≤ 80 L; 81–149 L; ≥ 150 L; Tabela 03) e amostrados em quatro estações do ano. A escolha de três níveis para o fator ‘volume de produção’ segue a recomendação de Montgomery (2017) para fatores contínuos em delineamentos fatoriais, garantindo a detecção de efeitos principais e interações.

Tabela 03 - Amostras definidas de acordo com o Extrato de Produção e os critérios para tratamento dos dados

Extrato de Produção	Grupo	Critério (Leite/dia)	N	N após repetições*
1	1	1 (≤ 80 L)	3	12
2	2	2 (81–149 L)	8	32
3	3	3 (≥ 150 L)	12	48
TOTAL			23	92

L: Litros de leite por dia; N: Amostral

*As repetições foram os tempos de coleta (verão/2023, outono/2024, inverno/2024 e primavera/2024).

O leite foi coletado diretamente do tacho de fabricação de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas, após homogeneização. Os produtores foram treinados por vídeo gravado e disponibilizado remotamente e presencialmente, por Técnicas de Campo do Senar. Frascos contendo Bronopol (*Broad Spectrum MicroTabs*) foram utilizados para coleta das amostras de leite para as análises de composição centesimal e CCS. A coleta de leite cru para análise de CPP foi realizada em frascos estéreis contendo Azidiol (*Laborclean*) e a coleta para análise de resíduos de antimicrobianos, em outros frascos estéreis.

O Sindicato de Produtores Rurais de Itamonte disponibilizou uma geladeira para que os produtores alocassem as amostras após a coleta, colaborando para que nenhuma amostra chegasse a Belo Horizonte com temperatura acima de 10°C. As amostras permaneciam na geladeira por no máximo 48 horas e eram enviadas para Belo Horizonte com o apoio da Prefeitura de Itamonte - MG. Todas as análises foram realizadas em tempo hábil e temperatura adequada, de acordo com o preconizado para laboratórios credenciados da RBQL.

A determinação da qualidade físico-química, celular e microbiológica no verão de 2023 foi obtida em amostra indicativa e analisada descritivamente. O diagnóstico observacional de BPA e manejo de ordenha subsidiou informações para ponderar hipóteses para os resultados encontrados.

Um encontro foi realizado no município de Itamonte - MG para apresentação dos resultados e proposição de técnicas de manejo para melhorar a qualidade do leite na região. A Oficina de Treinamento em Qualidade do Leite (OTQL) foi conduzida em duas partes. A primeira consistiu em apresentação de cerca de trinta minutos dos parâmetros observados e ponderação de possíveis hipóteses para o resultado obtido.

O primeiro momento foi conduzido com técnicas de aproximação dos participantes presentes. Perguntas, técnicas de aproximação entre instrutor e participantes e dinâmicas de atenção foram utilizadas para que o público estivesse presente e engajado no conteúdo ministrado.

O segundo passo foi conduzido para dedicar um momento exclusivo de um membro da EV-UFMG com um participante sobre os resultados individuais. O tempo foi dedicado a entender a rotina da propriedade e sugerir possíveis alterações no manejo para melhorar a qualidade do leite cru .

A comparação dos resultados de qualidade de leite entre a primeira coleta e as três seguintes foi conduzida em um delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 4 x 3 (estação do ano x extrato de produção de leite). Os tempos de coleta foram expressos na tabela como “Estações do Ano”, os extratos de produção de leite como grupos “1”, “2” e “3”, de acordo com a Tabela 3.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para pressupor a normalidade, o teste de Bartlett para avaliação da homoscedasticidade e o teste de esfericidade de Mauchly. Houve aplicação de das correções Greenhouse-Geisser para as variáveis paramétricas.

As variáveis que não atenderam ao pressuposto de normalidade, homogeneidade e esfericidade foram avaliadas pelo Teste de Friedman e as comparações múltiplas foram realizadas seguindo Wilcoxon. As paramétricas foram analisadas pela Análise de Variância (ANOVA) de Medidas Repetidas (MUHAMMAD, 2023). As comparações múltiplas foram conduzidas pelo teste de Tukey. A correlação entre as variáveis foi analisada pela Correlação de Pearson.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Informações meteorológicas das coletas

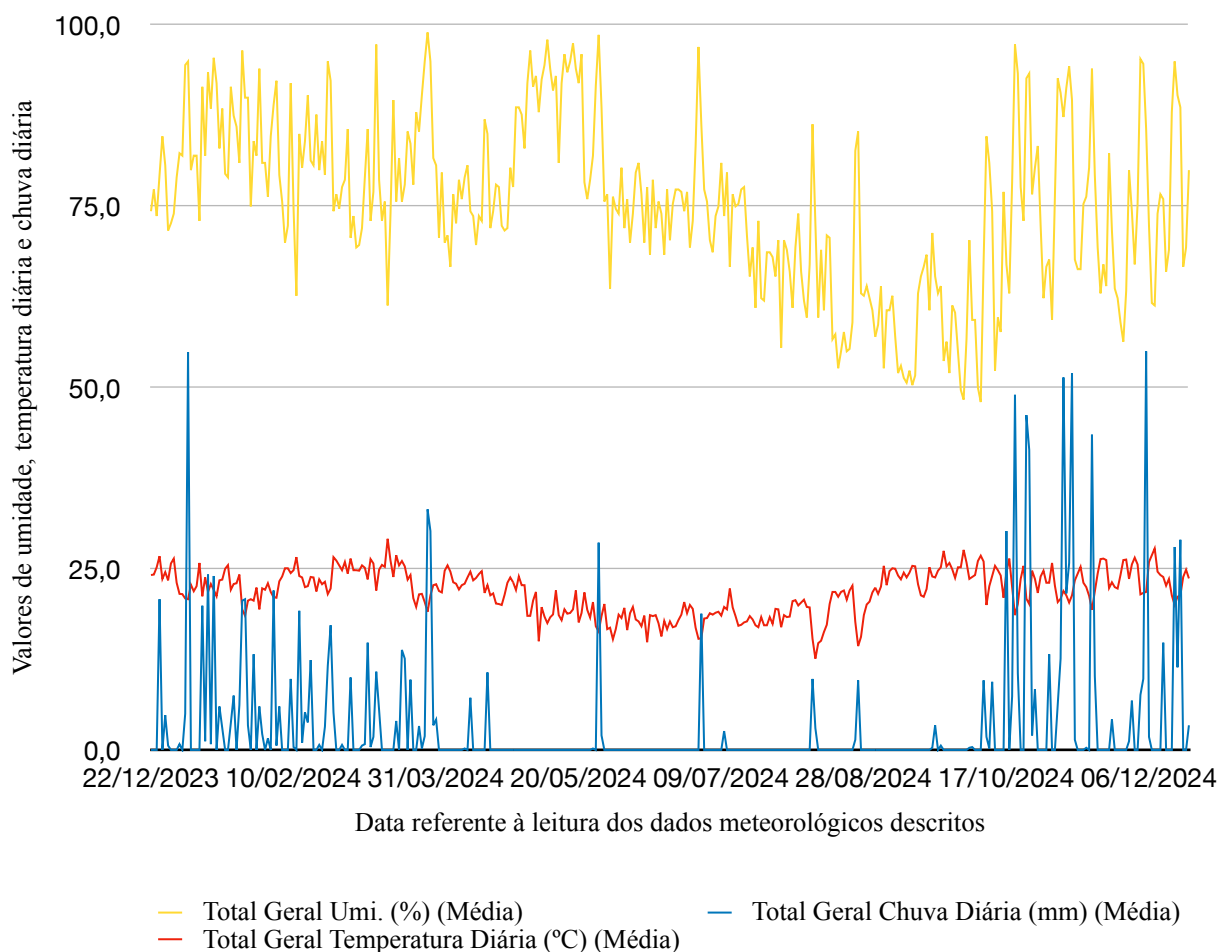
O município de Itamonte está localizado na porção mineira da Serra da Mantiqueira e é reconhecido por integrar o conjunto de municípios da primeira Unidade de Conservação (UC) do Brasil, o Parque Nacional do Itatiaia (PNI). A altitude local é acentuada, composta de cristas e vales que atingem até 2.150 metros de altitude, como a Pedra do Picu.

O sistema orográfico do município influencia diretamente a temperatura e chuvas da região. O PNI abrigava até 2022, uma Estação Convencional do INMET para leitura de dados como temperatura, umidade, pressão, direção e velocidade do vento, nebulosidade, insolação e chuva diária. A instalação foi desativada no ano dito referido e, atualmente, a estação mais próxima do município de Itamonte fica localizada em São Lourenço. A distância entre os municípios é de 54 quilômetros.

A temperatura e as chuvas influenciam o comportamento do rebanho leiteiro e as condições de saúde dos animais. Ambientes mais úmidos e com maior sujidade acumulada somadas às temperaturas ótimas para multiplicação bacteriana podem prejudicar a qualidade do leite. A avaliação desses fatores de risco permite a implementação de ferramentas de apoio para a obtenção de uma matéria prima de qualidade (MARTIN *et al.*, 2023).

O Gráfico 01 evidencia a comparação das séries temporais temperatura, umidade e chuva diárias obtidas pela leitura realizada na Estação Convencional do INMET em São Lourenço entre os dias 22 de dezembro de 2023 e 20 de dezembro de 2024. O período analisado compreende as quatro estações analisadas no presente trabalho, sendo elas o verão de 2023 e o outono, o inverno e a primavera de 2024.

Gráfico 01 - Comportamento Sazonal de Variáveis Meteorológicas no Município de Itamonte-MG: Análise de Séries Temporais de Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Precipitação Pluviométrica entre Dezembro de 2023 e Dezembro de 2024



A temperatura mínima observada foi 5,6°C durante o inverno e a máxima de 26,6°C no verão. A temperatura média no período observado foi de 19,2°C. As estações com menores medições de temperatura foram o outono e o inverno, enquanto verão e primavera apresentaram leituras superiores. Furtado e colaboradores (2001) também observaram leituras de temperatura mais altas durante verão e primavera e mais baixas no outono e inverno em estudo conduzido no PNI, corroborando os resultados observados.

A leitura de chuvas possibilitou a observação de estações predominantemente chuvosas (verão e primavera) e secas (outono e inverno). Os acumulados de chuvas entre as estações chuvosas e secas foram de 1077,8mm e 180mm, respectivamente. O intervalo entre o outono e o inverno apresentou 161 dias sem chuvas, enquanto o intervalo entre o verão e a primavera compreendeu 88 dias sem chuvas. Furtado e colaboradores (2001) observaram maiores

intensidades de chuvas no verão e menores intensidades no outono e inverno na região do PNI, corroborando com os resultados observados.

A umidade máxima absoluta e a mínima ocorreram no verão, com 98% e 62%, respectivamente; a média anual foi de 84,6%. A alta umidade no município parece estar relacionada à altitude elevada característica da região e às formações rochosas. A Pedra do Picu, localizada em Itamonte no PNI atinge 2.151 metros de altitude.

As características meteorológicas e geográficas apontadas são importantes para o entendimento da bovinocultura leiteira e agroindustrial do município, uma vez que as propriedades se localizam de forma distribuída nos limites dos municípios e, em sua maioria, em locais de altitude elevada (ICMBio, 2014).

A região de Itamonte comporta-se de forma semelhante à observada pela Estação Convencional de São Lourenço e a trabalhos anteriores conduzidos na região do PNI. O verão e a primavera são definidos por temperaturas mais elevadas que a média anual e maior intensidade de chuvas, enquanto o outono e o inverno são definidos por temperaturas mais amenas e maior estiagem (FURTADO, 2001; ICMBio, 2014; INMET, 2025).

5.2. Qualidade físico-química, microbiológica e CCS do leite cru da primeira coleta em queijarias em Itamonte - MG

A primeira coleta de leite cru em queijarias de Itamonte-MG foi realizada no verão de 2023, época de chuvas e temperaturas mais elevadas na região. O acumulado de precipitação e a temperatura média durante a estação foi de 432,7 mm e 22,8°C, respectivamente. A umidade média da estação em questão foi de 84,6%, com mínima de 62% e máxima de 98%.

5.2.1. Qualidade físico-química de leite cru coletado no verão de 2023

A Tabela 04 apresenta os dados descritivos da qualidade do leite cru na primeira coleta realizada em queijarias de Itamonte – MG, comparando-os com os padrões legais vigentes

para os parâmetros físico-químicos, celulares e microbiológicos. Indicadores como a relação gordura/proteína (RGP), além dos teores de ureia e caseína, não possuem limites estabelecidos em legislação específica (BRASIL, 2018a).

Tabela 04 - Média ($\bar{x}$) e coeficientes de variação (CV) para os parâmetros de qualidade físico-química de leite cru coletados em queijarias em Itamonte - MG no verão de 2023, de acordo com o grupo e extrato de produção de leite por dia

Parâmetros	Grupos						Padrão
	1		2		3		
	(≤80L/leite/dia)		(81–149 L/leite/dia)		(≥150 L/leite/dia)		
	$\bar{x}$	CV (%)	$\bar{x}$	CV (%)	$\bar{x}$	CV (%)	
GORD (%)	3,45	9,15	3,41	6,91	3,60	14,66	≥ 3,00
PROT (%)	3,21	4,90	3,11	3,80	3,12	5,70	≥ 2,9
RGP	1,07	-	1,09	-	1,16	-	y ≤1,4*
LAC (%)	4,59	1,53	4,48	3,16	4,46	4,13	≥ 4,3
ESD (%)	8,77	1,87	8,58	2,29	8,57	2,87	≥ 8,4
EST (%)	12,22	3,74	11,99	2,74	12,16	5,07	≥ 11,4
NUL (mg/dL)	15,60	5,48	11,34	37,22	13,05	24,32	12 ≤ z ≤ 18*

GORD: gordura; PROT: proteína; RGP: relação gordura/proteína; LAC: lactose; ESD: extrato seco desengordurado; EST: extrato seco total; NUL: nitrogênio ureico do leite.

Padrões legais disponibilizados pela Instrução Normativa 76, de 26 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018a).

Os resultados com (*) são indicados como padrão previsto na literatura, sem qualquer relação com o padrão legal vigente citado.

y: valor considerado adequado pela literatura para RGP (GLATZ-HOPPE *et al.*, 2020).

z: valor considerado adequado pela literatura para NUL (PERES, 2001).

O grupo 1 representa os produtores que beneficiam até 80 litros de leite por dia para elaboração de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas. Os teores de gordura, proteína, lactose, ESD e EST estão conformes perante o padrão legal. O valor de NUL e RGP estão dentro da referência científica utilizada (GLATZ-HOPPE *et al.*, 2020).

Peres (2001) ao avaliar o leite como ferramenta do monitoramento nutricional, ponderou que a análise de leite com teores de proteína acima de 3,2% e NUL entre 12mg/dL e 17mg/dL sugerem equilíbrio de aminoácidos e carboidratos na dieta dos animais.

O grupo 2 representa os produtores que beneficiam entre 81 litros e 149 litros de leite por dia. As médias dos teores dos parâmetros físico-químicos do leite estão dentro do preconizado pela legislação. Os resultados de RGP e NUL, todavia, sugerem a atenção em relação ao equilíbrio energético-proteico dos rebanhos. Valores de NUL abaixo de 12 mg/dL em vacas mestiças, assim como o rebanho avaliado, sugerem que a dieta dos animais não atendem suas exigências em termos de proteína e nitrogênio (MAGALHÃES, 2003).

O grupo 3, por sua vez, representa os produtores que beneficiam 150 litros de leite ou mais por dia. Em termos médios, os parâmetros físico-químicos do leite apresentaram-se dentro dos padrões legais para leite cru. No entanto, a Tabela 04 indica que algumas amostras individuais excederam os limites estabelecidos. A relação gordura/proteína (RGP) e a concentração de nitrogênio ureico no leite (NUL) sugerem, em média, um adequado balanço energético e proteico no manejo nutricional dos rebanhos desse grupo.

As propriedades avaliadas em Itamonte possuem animais mestiço (HolandêsxZebu), mantidos o ano todo a pasto e suplementados com volumoso nos períodos de estiagem. A oferta de ração para suprir maiores demandas de lactação não é realizada de forma adequada e pode influenciar o equilíbrio energético-proteico dos animais.

Não foram encontrados estudos que discutam RGP e ureia em leite cru para queijos artesanais em Minas. No entanto, os teores médios de gordura, proteína, lactose, ESD e EST relatados por Castro (2023) no leite para produção de queijo na Mantiqueira foram semelhantes aos encontrados neste estudo, reforçando os achados na microrregião. Os teores médios obtidos de gordura, proteína, lactose, ESD e EST no leite cru para produção de Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas no município de Carvalhos, em Minas Gerais, foram de 3,38 g/100 g, 3,49 g/100 g, 4,08 g/100 g, 8,43 g/100 g e 12,42 g/100 g, respectivamente (DE CASTRO, 2023).

5.2.1.1. Conformidade das análises físico-químicas de acordo com o padrão legal vigente

A Tabela 05 representa a porcentagem das amostras conformes para cada parâmetro físico-químico avaliado, nos grupos devidos de acordo com o extrato de produção de leite. O grupo 1 foi o único que apresentou 100% de conformidade na coleta de leite cru realizada no verão de 2023 em Itamonte.

Apesar do grupo 2 ter apresentado resultados abaixo do preconizado pela literatura para NUL, nenhuma amostra de leite cru apresentou teor de proteína abaixo do preconizado para qualidade do leite. Em outras palavras, esse achado demonstra que mesmo com a possibilidade dos rebanhos apresentarem desbalanço energético-proteico, a concentração de proteína se manteve dentro do padrão legal vigente.

Esse resultado pode ser atribuído à baixa variabilidade natural do teor de proteína total entre as vacas. Amalfitano e colaboradores (2020) corroboram a sugestão, indicando que a variabilidade no teor de proteína foi baixa entre os indivíduos (CV: 3%, aproximadamente) e que os genes CSN2 e CSN3 apresentaram influência significativa na variância de β -caseína e κ -caseína.

De toda forma, a relação gordura/proteína também depende do manejo nutricional da dieta dos animais. A fermentação de fibras gera acetato e butirato, precursores dos triglicerídeos sintetizados nas células alveolares (HARDING, 1995). Dessa forma, a manutenção dos teores de gordura no leite depende do equilíbrio entre volumoso e concentrado na dieta.

Ações como adequação da proporção entre concentrado e volumoso, adubação e manejo de pastagem associada à avaliação genética dos animais são citadas na literatura para obter maiores teores de gordura e proteína no leite (ROSA, 2019).

O grupo 3, por sua vez, foi o que obteve menor porcentagem de conformidade para gordura, proteína, EST e ESD, embora a relação gordura:proteína (RGP) e o nitrogênio ureico no leite (NUL) estivessem dentro dos valores recomendados pela literatura. Com base nos

coeficientes de variação, este grupo demonstrou a maior dispersão nos resultados, mesmo sob a suposição de normalidade e homoscedasticidade dos dados.

Tabela 05 - Conformidade da Composição Físico-Química do Leite Cru com o Padrão Legal Vigente por Grupo de Produção no Verão de 2023 em Queijarias de Itamonte-MG

PARÂMETROS	GRUPOS		
	1	2	3
	(≤80L/leite/dia)	(81–149 L/leite/dia)	(≥150 L/leite/dia)
GORD	100%	100%	96%
PROT	100%	100%	100%
LAC	100%	89%	83%
ESD	100%	89%	58%
EST	100%	100%	96%

GORD: gordura; PROT: proteína; LAC: lactose; ESD: extrato seco desengordurado; EST: extrato seco total

A lactose e o extrato seco desengordurado (ESD) são considerados os componentes mais estáveis do leite. Das amostras de ESD avaliadas, três de seis também estavam em não conformidade para os teores de lactose perante a legislação. A proteína, nutriente que também compõe o ESD, variou nas seis amostras entre 2,95 g/100 g e 3,19 g/100 g. Duas das três amostras não conformes para lactose também apresentaram CCS elevada ($9,7 \times 10^5$ células/mL). A terceira amostra apresentou teor de proteína de 3,00 g/100 g.

A presença de amostras fora do padrão pode estar relacionada a deficiências no manejo nutricional e sanitário do rebanho. Situações semelhantes foram relatadas por Castro (2023), que identificou variações nos teores físico-químicos do leite cru na mesma microrregião, evidenciando a influência direta das práticas de manejo na qualidade da matéria-prima. Souza et al. (2009) também observaram redução no teor de lactose em vacas com mastite, associando o efeito à perda da integridade do epitélio glandular.

5.2.2. Qualidade microbiológica e de CCS de leite cru coletado no verão de 2023

Os valores mínimos, medianas, valores máximos e coeficientes de variação para CCS e CPP estão apresentadas na Tabela 06.

Tabela 06 - Valores mínimos (min), medianas (med), valores máximos (max) e coeficientes de variação (CV) para os parâmetros de contagem de células somáticas e contagem padrão em placas de leite cru coletados em queijarias em Itamonte - MG no verão de 2023

Parâmetros	Grupos												Padrão
	1				2				3				
	(≤80L/leite/dia)				(81–149 L/leite/dia)				(≥150 L/leite/dia)				
	min	med	max	CV (%)	min	med	max	CV (%)	min	med	max	CV (%)	
CCS (x1.000) células/mL	73	498	<u>999</u>	89	171	<u>561</u>	<u>1821</u>	76	113	<u>585</u>	<u>1138</u>	69	≥ 500
CPP (x1.000) UFC/mL	15	<u>718</u>	<u>5400</u>	143	26	338	<u>9999</u>	203	14	<u>421</u>	<u>7853</u>	150	≥ 300

CCS: contagem de células somáticas; CPP: contagem padrão em placas.

L: litros.

Padrões legais disponibilizados pela Instrução Normativa 76, de 26 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018a).

Os resultados sublinhados não estão em conformidade gerando o padrão legal.

As medianas de contagem de células somáticas do verão de 2023 para os grupos 1, 2 e 3 foram $4,98 \times 10^5$ células/mL, $5,61 \times 10^5$ células/mL e $5,85 \times 10^5$ células/mL, respectivamente. Os parâmetros avaliados não estão conformes perante o padrão vigente, exceto o grupo 1, que está próximo ao limiar legal.

Contagens elevadas de células somáticas indicam a presença de mastite no rebanho, o que pode causar prejuízos à saúde pública, alterações na composição físico-química do leite e redução da produção leiteira. Conforme a Portaria IMA nº 2373, de 26 de abril de 2025, o leite utilizado na fabricação de queijos artesanais deve ser obtido de animais sem sinais clínicos de doenças, incluindo mastite, e o leite de animais doentes não pode ser utilizado para a produção, devendo ser descartado adequadamente para garantir a segurança do produto final.

Silva *et al.* (2012) relataram que contagens somáticas acima de 200.000 células/mL reduzem a retenção de proteínas na coalhada, afetando o rendimento do queijo. Os autores sugerem que o efeito está ligado à ação de proteases, como a plasmina.

O OQL, monitorando a qualidade do leite cru no estado de Minas Gerais, relatou que estabelecimentos registrados na inspeção federal obtiveram contagens de $5,13 \times 10^5$ células/mL no mês de dezembro de 2023. O mês de coleta do resultado fornecido pelo Mapa é o mesmo de coleta na presente estação avaliada. Os dados colaboram para identificar o desafio do controle da mastite em Minas Gerais e nos grupos estudados (BRASIL, 2024).

Sugere-se que a alta CCS observada poderia afetar a composição centesimal das amostras analisadas. Gammariello e colaboradores (2024) atribuem as alterações físico-química do leite de vacas com mastite ao aumento do fluxo de sangue, ao sequestro e consumo de lactose pelos neutrófilos deslocados para a região infectada, ao aumento da permeabilidade da barreira epitelial da glândula mamária e ao aumento de produção de enzimas.

A CPP dos grupos 1 e 3 estão acima do padrão legal, com medianas de $7,2 \times 10^5$ UFC/mL e $4,2 \times 10^5$ UFC/mL, respectivamente. O grupo 2 foi o único que apresentou mediana dentro da conformidade, com $3,4 \times 10^5$ UFC/mL. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreira e colaboradores (2021), que relataram aumento de CPP em amostras de leite de sete regiões de Minas Gerias na época que compreende o período de outubro a março.

A elevada contagem bacteriana influencia a composição do leite cru. Brum Ribeiro e colaboradores (2022) sugeriram que a redução dos níveis de lactose observada em leite cru com alta CPP pode estar relacionada à ação de bactérias mesófilas e psicrótróficas, que metabolizam o dissacarídeo gerando ácido láctico. Os autores ainda apontam que a proteína também pode diminuir com o aumento da contagem microbiológica. Contudo, é importante questionar se o intervalo de tempo entre a ordenha e a produção do queijo seria realmente suficiente para que esse consumo tão expressivo de lactose e proteínas ocorra, dado o ritmo típico dos processos artesanais.

O OQL relatou contagens menores de CPP para o estado de Minas Gerais em estabelecimentos registrados na inspeção federal no mês de dezembro, com valor de 60.000 UFC/mL - demonstrado na Figura 04 do Anexo I. A presente observação sugere que no estado, o controle microbiológico do leite está mais avançado que o controle de mastite e revela o potencial de melhoria das propriedades estudadas. A qualidade microbiológica do leite cru é ponto crítico para controle na produção de QAM, uma vez que além de de impacto financeiro, pode ser um risco à saúde pública.

5.2.2.1. Conformidade das análises de CCS e microbiológicas de acordo com o padrão legal vigente

A Tabela 07 apresenta o percentual de conformidade para o parâmetro de CCS e CPP das amostras divididas por grupos. Nenhum grupo obteve todas as amostras dentro do padrão vigente, revelando a importância de implementar boas práticas agropecuárias na região.

Tabela 07 - Conformidade de CCS e CPP no Leite Cru de Queijarias em Itamonte-MG no Verão de 2023, por Grupo de Produção

PARÂMETROS	GRUPOS		
	1	2	3
	(≤80L/leite/dia)	(81–149 L/leite/dia)	(≥150 L/leite/dia)
CCS	67%	56%	50%
CPP	33%	44%	46%

CCS: contagem de células somáticas; CPP: contagem padrão em placas
L: Litros

Em pesquisas realizadas com Queijo Minas Artesanal na Serra do Salitre (FIGUEIREDO, 2018) e no Campo das Vertentes (VALENTE, 2020), todas as amostras de leite cru coletadas estavam dentro do padrão vigente para CPP nas chuvas e na seca. Em relação à CCS, apenas em Campo das Vertentes todas as amostras de leite cru estavam dentro do padrão, enquanto apenas 33,34% estavam conformes nas chuvas e seca na Serra do Salitre.

Pires (2019), relatou que 72% das amostras de leite cru para produção de Queijo Artesanal de Alagoa, estavam fora do padrão legal para CCS e 67% para CPP. Em relação ao Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas produzido em Carvalhos, De Castro (2023) também observou porcentagens altas de não conformidade para os parâmetros. Ao avaliar CCS, 75% das amostras de leite cru estavam fora do padrão legal e ao avaliar CPP, 81% estavam em desacordo.

O diagnóstico observacional de BPA e manejo de ordenha aplicado na presente pesquisa identificou pontos de atenção em relação às práticas adotadas nas propriedades participantes que podem estar influenciando os resultados de CCS e CPP observados. A água, por exemplo, captada por nascente, segue para filtração em parte das propriedades, mas nenhuma realiza a cloração.

Fatores que podem influenciar os resultados observados para CCS são: a falta de um programa de controle de mastite com utilização de ferramentas de diagnóstico, falta de utilização de *pré-dipping*, *pós-dipping* e falta de determinação correta de linha de ordenha. As altas contagens de CPP por sua vez, parecem estar relacionadas com a falta de filtração e cloração da água captada de nascentes, a falta de desinfecção dos tetos para ordenha e higienização do sistema de ordenha mecânico balde ao pé.

5.3. Resíduos de antimicrobianos no leite cru no verão de 2023

Todas as amostras (23) analisadas foram negativas para resíduos de antimicrobianos, seguindo o padrão vigente. Ressalta-se que o acompanhamento veterinário das propriedades é fundamental para a manutenção desse resultado. O contato dos produtores com ferramentas de diagnóstico de mastite, sem o devido acompanhamento técnico para a construção do processo ensino-aprendizado sobre profilaxia e tratamento, pode ser um fator que contribui para o uso indiscriminado de antimicrobianos.

Diversos estudos apontam a identificação de antimicrobianos em produtos de origem animal no Brasil (MENDES et al., 2022; SORAES et al., 2022; STRÖHER et al., 2022). A busca por

mais resultados semelhantes aos obtidos na primeira coleta da presente pesquisa reforça a necessidade de que ações de assistência técnica e formação profissional rural sejam práticas de rotina na região.

Brito e Lange (2015) citam algumas ações necessárias para o uso consciente de antimicrobianos, entre elas a utilização apenas de medicamentos de uso animal, a leitura cuidadosa do rótulo e da bula, o armazenamento em local apropriado, a administração correta da substância, bem como a identificação das vacas tratadas. As diretrizes ainda recomendam a ordenha por último das vacas tratadas, a observação rigorosa do período de descarte do leite e seu descarte adequado, além da anotação dos tratamentos aplicados.

5.4. Diagnóstico observacional das propriedades: pontos críticos identificados para melhoria da qualidade do leite

A presente pesquisa envolveu a realização de um diagnóstico observacional prévio à oficina de treinamento nas propriedades leiteiras de Itamonte. A avaliação incluiu as rotinas de manejo e ordenha, condições da estrutura física, práticas de higiene pessoal e operacional, métodos de conservação do leite e cuidados com a saúde animal.

A Tabela 08 apresenta as principais práticas observadas nas propriedades de Itamonte quanto à adoção das Boas Práticas Agropecuárias. Os dados revelam que a maior parte do leite produzido tem origem própria, o que sugere maior controle sobre a matéria-prima pelos produtores. Entretanto, observa-se que apenas uma minoria dispõe de tanque de refrigeração por expansão. Muitas propriedades ainda utilizam latão submerso em córregos para conservar o leite, prática que pode favorecer o aumento da CPP, especialmente durante o verão.

Tabela 08 - Informações compiladas coletadas pelo diagnóstico observacional das 23 propriedades participantes para diagnóstico de Boas Práticas Agropecuárias

PERGUNTA	PROPRIEDADES
POSSUI REGISTRO SANITÁRIO?	
SIM	26,1%
NÃO	73,9%
NATUREZA DA OBTENÇÃO DO LEITE	
PRÓPRIO	91,3%
MISTO	8,7%
TIPO DE ORDENHA	
MANUAL	30,4%
MECÂNICA DO TIPO LATÃO AO PÉ	60,9%
MECÂNICA DO TIPO CANALIZADA	8,7%
POSSUI TANQUE DE REFRIGERAÇÃO POR EXPANSÃO?	
SIM	17,4%
NÃO	82,6%
UNIFORME NA ORDENHA?	
SIM	8,7%
NÃO	91,3%
HIGIENIZAÇÃO DAS MÃOS DURANTE A ORDENHA?	
SIM	82,6%
NÃO	17,4%
UTILIZA LUVAS DESCARTÁVEIS DURANTE A ORDENHA?	
SIM	17,4%
NÃO	82,6%
ORDENHA: PAPEL TOALHA PARA SECAGEM DOS TETOS?	
SIM	39,1%
NÃO	60,9%
ORDENHA: LAVAGEM DOS TETOS?	
SIM	87,0%
NÃO	13,0%
ORDENHA: TESTE CANECA TELADA	
SIM	69,6%
NÃO	30,4%
ORDENHA: CMT	
SIM	47,8%
NÃO	52,2%
ORDENHA: PRÉ-DIPPING	
SIM	56,5%

PERGUNTA	PROPRIEDADES	
ORDENHA: PÓS DIPPING?	NÃO	47,8%
	SIM	69,6%
	NÃO	30,4%
TIPO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA	NASCENTE	100,0%
CAIXA EXCLUSIVA ORDENHA	SIM	34,8%
	NÃO	65,2%
ÁGUA FILTRADA?	SIM	21,7%
	NÃO	78,3%
ÁGUA CLORADA?	SIM	0,0%
	NÃO	100,0%
REALIZA CONTROLE DE CLORAÇÃO DE ÁGUA DIARIAMENTE?	SIM	0,0%
	NÃO	100,0%

CMT: Californian Mastitis Test

A baixa adesão ao uso de papel toalha para secagem dos tetos é outro ponto crítico identificado. A secagem insuficiente dos tetos pode favorecer a transferência de microrganismos de um teto para outro, principalmente quando se utilizam panos reutilizáveis, que retêm sujidades e servem como veículo de contaminação entre quartos mamários. Essa falha de rotina contribui tanto para a elevação da CCS quanto para o aumento de CPP.

A lavagem dos tetos é amplamente empregada na região, mas não é indicada para prática de ordenha, uma vez que pode conduzir sujidades do úbere ao teto, impactando negativamente os resultados microbiológicos. Além disso, o diagnóstico evidencia baixa adesão a práticas de diagnóstico e prevenção de mastite. O uso da caneca telada e a realização do CMT ainda são pouco frequentes, assim como o pré e pós-*dipping*. Essa realidade pode estar relacionada à elevação dos índices de CCS observados no verão, indicando a necessidade de maior estímulo e capacitação para adoção dessas rotinas.

No tocante ao abastecimento de água, todas as propriedades utilizam nascentes como fonte, mas apenas uma parcela reduzida realiza a filtração e nenhuma delas realiza cloração. A ausência de cloração contínua pode estar associada ao aumento das contagens de CPP no leite cru, ressaltando a importância do monitoramento do teor de cloro e da melhoria da infraestrutura hídrica.

As práticas de Boas Práticas Agropecuárias observadas nas propriedades de Itamonte revelam pontos críticos relacionados à elevação dos resultados de CCS e CPP no verão. Esse diagnóstico subsidia informações relevantes para o treinamento realizado, orientando ações de intervenção técnica e educativa que buscam aprimorar a qualidade do leite cru na região.

5.5. Oficina de Treinamento em qualidade de leite realizada em Itamonte após a coleta do verão de 2023

As análises de leite cru da primeira coleta em queijarias indicam temas importantes a serem abordados com os produtores participantes do experimento. A ação foi realizada no Parque de Exposição de Itamonte e contou com o apoio da Prefeitura de Itamonte, do Sindicato de Produtores Rurais de Itamonte e do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural e foi dividida em dois momentos. O primeiro momento foi conduzido com a exposição dinamizada dos dados dos parâmetros de qualidade e as possíveis causas para a alteração foram abordados. A exposição dinamizada baseada na educação dialógica facilita o desenvolvimento do pensamento crítico e transformador dos participantes.

A educação dialógica foi citada por Freire (1997) e é utilizado como metodologia de educação em instituições de referência em Minas Gerais para promover a formalização profissional rural. O método foi escolhido para o momento buscando promover a liberdade e a conscientização dos produtores acerca da qualidade de leite cru para produção de QAM (DE ANDRADE, 2024).

O segundo momento foi conduzido de forma individual com os participantes, de modo que os instrutores capacitados na área de qualidade de leite conseguissem abordar os principais

aspectos relacionados às leituras obtidas. Os temas abordados variaram entre manejo nutricional, manejo de ordenha, qualidade de água e higienização de equipamento de ordenha.

Os resultados foram também abordados em roda de conversa com as técnicas de campo do Serviço de Aprendizagem Rural atuantes no município. Vale ressaltar que os temas discutidos já faziam parte do trabalho dessas profissionais nas propriedades, entretanto, a maioria dos produtores participantes do projeto nunca havia realizado análise de qualidade do leite. A ferramenta de diagnóstico utilizada foi bem recebida na região, com aceitação e entendimento de sua relevância. As fotos do encontro podem ser visualizadas no Anexo V.

Embora a realização dessas análises seja obrigatória por normativa, observa-se que muitos produtores ainda não as realizam, em função da falta de conhecimento, dificuldades na disseminação da informação, limitações logísticas e desafios no acesso às ferramentas adequadas. Essa situação evidencia a necessidade de fortalecer a capilaridade das ações técnicas e ampliar o suporte para que a obrigatoriedade se traduza em prática efetiva no campo.

5.6. Qualidade físico-química, celular e microbiológica do leite cru coletado antes e após a OTQL em Itamonte - MG

Após a coleta do verão de 2023 e a realização da oficina em Itamonte, três outras coletas foram realizadas. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para os parâmetros avaliados ($P \geq 0,05$). Não foram encontradas diferenças significativas na interação entre grupos e estações para os parâmetros avaliados ($P \geq 0,05$). Valores de proteína, NUL e CCS apresentaram variações entre as estações avaliadas e podem ter relação com a oficina realizada e com o acompanhamento técnico e gerencial mensal nas propriedades acompanhadas ($P < 0,05$).

5.6.1. Avaliação das análises físico-químicas do leite cru coletado antes e após a OFQL

Os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros de gordura, proteína, relação gordura/proteína, lactose, extrato seco desengordurado, extrato seco total e nitrogênio ureico do leite estão apresentados na Tabela 09. As médias que diferiram significativamente entre as estações estão com sobrescritos diferentes (¹²³). Não houve diferença estatística entre os parâmetros avaliados e diferentes extratos de produção apresentados em forma de grupos ($P>0,05$).

Tabela 09 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) dos parâmetros físico-químicos do leite cru coletado entre o verão de 2023 e a primavera de 2024 em queijarias de Itamonte - MG

ESTAÇÃO	GRUPO	GORD (g/100g)		PROT (g/100g)		RGP		LAC (g/100g)		ESD (g/100g)		EST (g/100g)		NUL (mg/dL)	
		$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Verão/2023	1	3,45	0,32	3,21 ¹	0,16	1,07	0,05	4,59	0,07	8,77	0,16	12,22	0,46	15,60 ¹	0,85
	2	3,42	0,25	3,12 ¹	0,12	1,10	0,08	4,47	0,15	8,59	0,21	12,01	0,34	11,80 ¹	4,27
	3	3,60	0,58	3,11 ¹	0,15	1,16	0,19	4,43	0,16	8,53	0,25	12,13	0,69	14,04 ¹	3,65
Outono/2024	1	4,07	0,46	3,35 ²	0,15	1,22	0,18	4,52	0,06	8,82	0,16	12,89	0,45	22,00 ²	1,65
	2	3,40	0,43	3,26 ²	0,16	3,40	0,13	4,44	0,14	8,66	0,23	12,06	0,59	14,86 ²	4,15
	3	3,99	1,33	3,28 ²	0,16	1,21	0,35	4,44	0,16	8,67	0,19	12,67	1,35	18,83 ²	3,30
Inverno/2024	1	3,86	0,29	3,19 ¹	0,09	1,21	0,12	4,56	0,09	8,83	0,15	12,69	0,14	16,87 ¹	3,78
	2	3,63	0,70	3,09 ¹	0,17	1,17	0,19	4,58	0,19	8,76	0,20	12,39	0,79	13,54 ¹	7,71
	3	3,57	0,82	3,09 ¹	0,16	1,15	0,23	4,51	0,16	8,70	0,23	12,26	0,97	14,08 ¹	3,55
Primavera/2024	1	3,72	0,20	3,11 ³	0,14	1,20	0,10	4,65	0,09	8,75	0,12	12,48	0,28	11,13 ³	3,60
	2	3,60	0,43	3,06 ³	0,17	1,18	0,10	4,58	0,21	8,65	0,28	12,25	0,68	8,13 ³	2,99
	3	3,45	0,57	3,08 ³	0,14	1,13	0,20	4,47	0,18	8,57	0,26	12,02	0,57	6,40 ³	3,10

Grupo 1: ≤ 80 L/leite/dia; grupo 2: 81-149 L/leite/dia; grupo 3: ≥ 150 L/leite/dia

GORD: gordura, PROT: proteína; RGP: relação gordura/proteína; LAC: lactose, ESD: extrato seco desengordurado, EST: extrato seco total, nitrogênio ureico do leite.

Médias seguidas por sobrescritos diferentes (¹²³) diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$), entre as estações.

Predomina-se em Itamonte, o uso semi-intensivo da terra e tecnologia. Os animais ficam soltos a pasto e há suplementação no cocho duas vezes ao dia durante o ano todo e com silagem de milho na seca (entre maio e setembro). Esse manejo pode estar relacionado ao fato de que a gordura não apresentou variação significativa ao longo das estações ($P\geq 0,05$).

Resultados semelhantes foram encontrados por Valente (2020) e Figueiredo (2018), em estudo de leite cru para produção de queijos artesanais na região do Campo das Vertentes e na Serra do Salitre. Por outro lado, Silva (2024) em estudo de caracterização do Queijo Minas Artesanal de Serras do Ibitipoca, observou aumento significativo de gordura no mês de inverno ($P < 0,05$).

A ensilagem do milho inteiro é uma técnica que contribui para a alimentação dos animais e pode auxiliar também a ajustar o balanço energético e proteico do rebanho. A utilização da ração, por sua vez, não deixa de ser fundamental na maioria dos casos para complementar o manejo. A adequação da proporção de concentrado e volumoso foi abordada na oficina realizada após a primeira coleta.

Os valores de proteína e NUL, por sua vez, demonstram diferenças significativas entre o verão, outono, inverno e primavera. As leituras do outono de 2024 se diferem estatisticamente do verão de 2023 ($P \geq 0,05$). Esse fato pode ser atribuído ao ajuste no fornecimento de ração sugerido na oficina realizada após a primeira coleta.

O aumento de proteína e NUL no outono pode estar relacionado ao início da suplementação com silagem de milho entre o outono e o inverno. Jácome (2012) observou teores de proteína mais altos entre fevereiro e junho e sugeriu que esse comportamento pode estar relacionado ao fornecimento de alimentos mais energéticos no período seco, que favorecendo a eficiência metabólica e a produção proteica.

Além disso, a menor produção de leite contribui para a concentração dos constituintes. A autora também destaca que não houve diferença estatística entre os teores de gordura, proteína e CCS em relação ao sistema de produção adotado, indicando que esse fator isolado não determinou a variação da qualidade do leite ($P > 0,05$) (JÁCOME, 2012).

A primavera apresentou as menores leituras de proteína e nitrogênio ureico no leite (NUL) do período avaliado ($P > 0,05$). Essa redução pode estar associada à menor suplementação alimentar observada nessa estação, quando a dieta dos animais foi predominantemente

composta por pasto natural, sem balanceamento significativo com ração concentrada, diferentemente do outono e inverno, nos quais a suplementação foi intensificada para suprir a menor disponibilidade de forragem.

Peres (2010) aponta que resultados de NUL abaixo de 12 mg/dL e teores de proteína próximos a 3,0 g/100 g podem sugerir deficiência proteica na dieta, o que corrobora a necessidade de atenção ao manejo nutricional nos períodos com menor suplementação.

A lactose demonstrou-se significativamente semelhante ao longo das estações ($P > 0,05$). A lactose possui um papel importante na produção de queijos artesanais, principalmente os de leite cru. O consumo desse dissacarídeo pelas culturas de BAL iniciadoras (*starter cultures* ou SC) auxilia a redução do pH com produção de ácido láctico. Esse processo auxilia a coagulação do leite, contribuindo para a formação da textura do leite e promoção da sinérese. Figueiredo (2018) e Valente (2020) também não encontraram diferenças significativas nas médias de lactose nas chuvas e seca em pesquisa de leite cru para produção de queijo artesanal na Serra do Salitre e no Campo das Vertentes, respectivamente.

O extrato seco total (EST) e o extrato seco desengordurado (ESD) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ao longo das estações avaliadas ($P \geq 0,05$). A estabilidade do EST era previsível, considerando a forte correlação positiva observada com o teor de gordura ($r = 0,91$) no verão de 2023. De maneira similar, a ausência de variação no ESD é coerente, uma vez que este parâmetro corresponde, em grande parte, à soma dos teores de proteína e lactose, com os quais apresentou elevada correlação positiva ($r = 0,89$ e $r = 0,90$, respectivamente).

Em suma, os parâmetros que mostraram ser diferentes significativamente foram a proteína e o NUL ($p < 0,05$). A oficina realizada depois da coleta do verão de 2023 parece ter influenciado os resultados do outono de 2024, que não continuaram a tendência crescente. A diminuição dos teores de proteína e NUL podem estar relacionadas ao manejo nutricional e parecem revelar a dificuldade no fornecimento adequado de alimentos, assim como relata Minas Gerais (2023). O acompanhamento da assistência técnica e gerencial mensal nas propriedades do

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural encerrou-se no inverno e pode também ter influenciado para as menores médias encontradas na primavera de 2024. O acompanhamento técnico contínuo é fundamental para promover melhorias consistentes e duradouras na qualidade do leite.

5.6.2. Avaliação das análise microbiológica e celular do leite cru coletado antes e após a OFQL

As medianas e o desvio padrão dos parâmetros de CCS e CPP estão apresentados na Tabela 10. As medianas que diferiram significativamente entre as estações estão sinalizadas com sobrescritos diferentes ⁽¹²⁾ ($P < 0,05$). Não houve diferença estatística entre os parâmetros avaliados e diferentes extratos de produção apresentados em forma de grupos ($P \geq 0,05$).

Tabela 10 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (σ) dos parâmetros físico-químicos do leite cru coletado entre o verão de 2023 e a primavera de 2024 em queijarias de Itamonte -MG

ESTAÇÃO	GRUPO	CCS x1.000 células/mL		CPP x 1.000 UFC/mL	
		<i>med</i>	σ	<i>med</i>	σ
Verão/2023	1	498 ¹	463,52	718	2927,27
	2	561 ¹	600,40	338	3422,81
	3	585 ¹	359,86	421	3151,17
Outono/2024	1	298 ¹	578,48	412	4553,94
	2	405 ¹	580,48	241	2870,75
	3	524 ¹	469,59	125	1728,31
Inverno/2024	1	174 ²	164,94	6511	5070,21
	2	260 ²	407,30	58	202,53
	3	190 ²	197,70	48	2869,47
Primavera/2024	1	149 ²	57,14	7962	5272,09
	2	130 ²	235,28	427	1480,57
	3	143 ²	150,30	156	2717,41

Grupo 1: ≤ 80 L/leite/dia; grupo 2: 81-149 L/leite/dia; grupo 3: ≥ 150 L/leite/dia.

CCS: contagem de células somáticas, CPP: contagem padrão em placas, UFC: unidades formadoras de colônias, mL: mililitros.

Medianas seguidas por sobrescritos diferentes ⁽¹²⁾ diferem significativamente pelo teste de Wilcoxon com correção de Bonferroni ($P < 0,05$), entre as estações.

Resultados **em negrito** estão em desacordo com os padrões legais vigentes (BRASIL, 2018a).

Ao coletar informações observacionais acerca das propriedades, notou-se que algumas ferramentas de diagnóstico de mastite e rotina de ordenha ainda não estavam implementados em grande parte das propriedades, conforme relatado na Tabela 08. Foi relatado pela assistência técnica e gerencial do Senar na região que mesmo com a instrução, havia resistência na mudança da rotina da propriedade e que a análise do leite contribuiria para o processo de ensino-aprendizado.

Durante a oficina realizada após a coleta do verão de 2023, foram observadas contagens elevadas de células somáticas (CCS), com os grupos 2 e 3 apresentando valores acima do padrão vigente (BRASIL, 2018a). O processo dialógico abordou a importância da redução dessas contagens, enfatizando o uso de ferramentas de diagnóstico de mastite, a aplicação correta do pré-dipping e pós-dipping, a secagem adequada dos tetos e a implementação da linha de ordenha.

O momento de conscientização pode ter sido causa da tendência decrescente observada na CCS. As contagens do verão de 2023 e outono de 2024 foram significativamente diferentes que as do inverno e primavera de 2024 ($P < 0,05$). A variação entre outono e primavera de 2024 foi ainda mais evidente ($P > 0,001$).

Figueiredo (2018) avaliou que durante o período de outubro a fevereiro, o período chuvoso da Serra do Salitre - MG, a CCS apresentava maiores contagens. Os resultados do leite cru avaliado na pesquisa foram $4,7 \times 10^5$ células/mL no período chuvoso e $4,0 \times 10^5$ células/mL no período seco. Valente (2020) utilizou para definição de seu trabalho o período de outubro a março caracterizado como época das chuvas. Os resultados foram de $1,9 \times 10^5$ células/mL no período chuvoso e $2,1 \times 10^5$ células/mL no período seco.

O presente trabalho evidenciou que os menores valores de CCS foram encontrados no período que se estende do inverno à primavera de 2024. O período avaliado caracteriza-se por um momento seco no inverno e retorno gradual das chuvas. O aumento da umidade e maior precipitação pode estar relacionado ao aumento da frequência de mastite no rebanho. Salienta-

se, porém, que apesar de ser uma doença multifatorial, a implementação de técnicas para reduzir a contagem microbiológica nos tetos é fundamental para a prevenção (TOMMASONI *et al.*, 2023).

A CPP, por sua vez, não apresentou diferenças significativas entre as estações ($P \geq 0,05$). Das 12 medianas, seis estavam fora do padrão durante o período. O grupo 1, de menor produção de leite por dia (80L/leite/dia) apresentou resultado não conforme durante todas as estações. Resultados fora do padrão vigente também foram observados para os grupos 2 e 3 na primavera de 2024 e verão de 2023, respectivamente.

Apesar da elevada CPP durante as estações, é possível perceber tendência à diminuição das contagens do verão de 2023 à primavera de 2024, quando os valores voltam a subir. Uma possível justificativa é o alinhamento entre a oficina realizada depois do verão de 2023 associada à diminuição das chuvas.

Embora o leite fosse coletado diretamente no equipamento de produção do queijo, a ausência de filtragem e cloração da água, aliada a práticas de ordenha inadequadas, pode ter favorecido o aumento da CPP. Embora a CPP seja geralmente considerada um parâmetro mais fácil de controlar que a CCS, os resultados mantiveram-se acima do padrão legal, indicando possíveis falhas no manejo higiênico ou na higienização dos equipamentos durante o processo. Isso sugere que, apesar do monitoramento, aspectos práticos da rotina produtiva e sanitária ainda precisam ser aprimorados para garantir a redução efetiva da CPP.

A mediana de CPP da estação chuvosa foi de $1,0 \times 10^7$ UFC/mL e da estação seca de $1,8 \times 10^5$ UFC/mL. Os valores encontrados são contrários aos encontrados por pesquisadores ao analisar leite cru para produção de QAM. Na Serra do Salitre, as maiores contagens foram de $1,3 \times 10^5$ UFC/mL (FIGUEIREDO, 2018) e no Campo das Vertentes de $2,1 \times 10^5$ UFC/mL (VALENTE, 2020).

5.7. Avaliação da conformidade das análises físico-químicas, microbiológica e CCS do leite cru coletado antes e após a OTQL

O percentual de conformidade das amostras de leite cru dos grupos analisados são observados na Tabela 11. Observa-se que ao passar das estações, houve flutuações nos grupos em relação à conformidade.

Tabela 11 - Avaliação da Conformidade das Amostras de Leite Cru quanto aos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos no Período de Verão de 2023 a Primavera de 2024 coletados em queijaria de Itamonte - MG

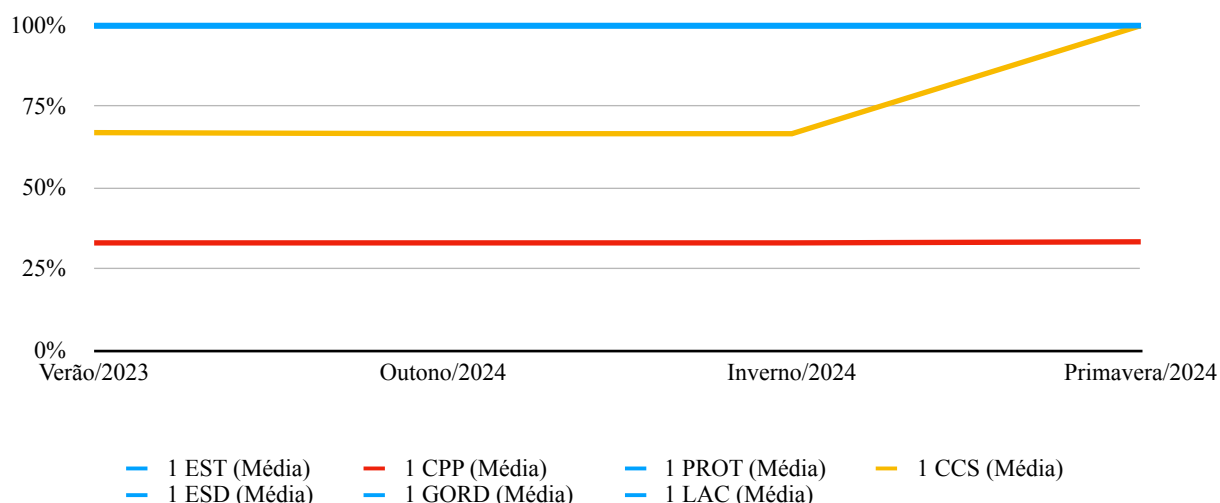
ESTAÇÃO	GRUPO	GORD	PROT	LAC	ESD	EST	CCS	CPP
Verão/2023	1	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%
	2	100%	100%	88%	89%	100%	56%	44%
	3	92%	96%	83%	67%	100%	50%	46%
Outono/2024	1	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%
	2	88%	100%	88%	75%	88%	63%	50%
	3	92%	100%	92%	100%	92%	50%	67%
Inverno/2024	1	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%
	2	75%	75%	88%	100%	100%	88%	88%
	3	92%	92%	92%	92%	92%	83%	92%
Primavera/2024	1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	33%
	2	100%	75%	88%	75%	100%	88%	75%
	3	83%	92%	83%	83%	83%	92%	75%

Grupo 1: ≤ 80 L/leite/dia; grupo 2: 81-149 L/leite/dia; grupo 3: ≥ 150 L/leite/dia.

O Gráfico 02 apresenta o percentual de conformidade das amostras do grupo 1 ao longo do período estudado. A linha azul no gráfico representa o percentual de conformidade para os parâmetros físico-químicos do grupo 1, que estavam em conformidade durante todo o período. A conformidade total das amostras de CCS para o grupo, representado pela linha amarela, apenas foi atingida na primavera de 2024. Em relação à CPP, é possível perceber a dificuldade em atingir a conformidade durante todo o período, uma vez que menos da metade

das amostras estavam conformes. O percentual de conformidade para CPP está representado no Gráfico 02 pela linha vermelha.

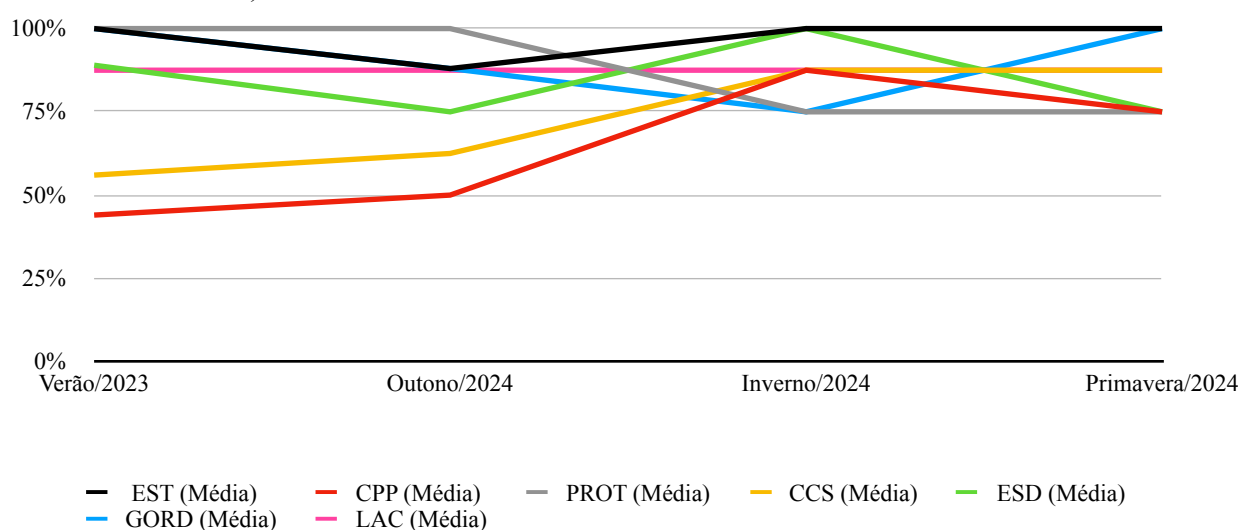
Gráfico 02 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 1 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)



O Gráfico 03 revela as tendências dos parâmetros avaliados para o grupo 2 ao longo das estações avaliadas. É possível perceber que na primeira análise, no verão de 2023 a conformidade perante os requisitos legais de CCS e CPP estavam próximos à metade do total avaliado. A conformidade para os dois parâmetros citados aumentou nas últimas estações avaliadas.

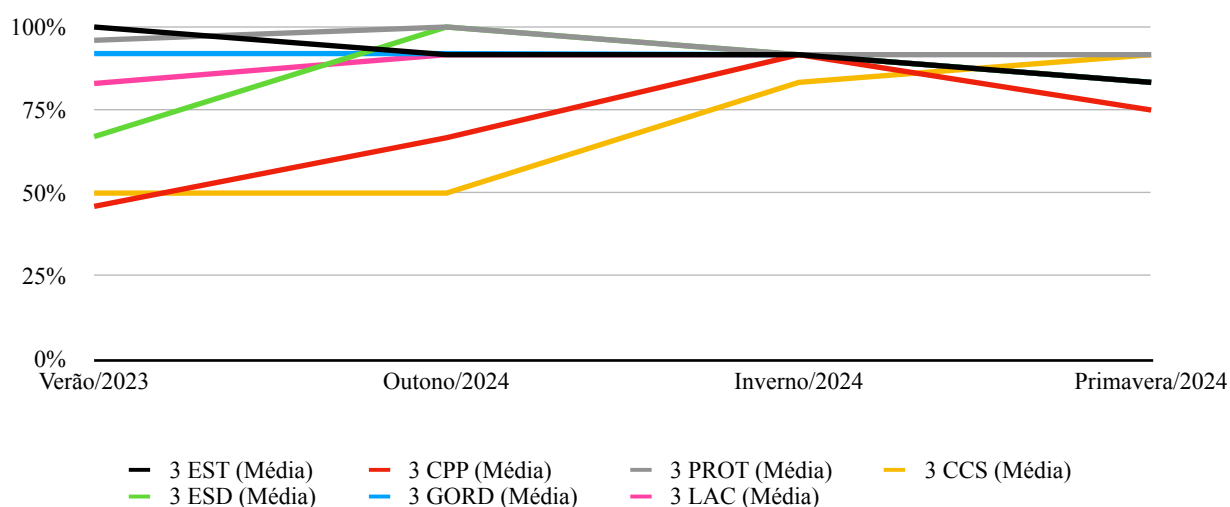
No grupo 2, a menor conformidade para gordura ocorreu no inverno de 2024. A proteína seguiu padrão semelhante, caindo após o outono e estabilizando na primavera. A lactose manteve estabilidade até o inverno, caindo na primavera. A conformidade de EST e ESD oscilaram até o inverno; na primavera, EST permaneceu estável, mas ESD apresentou queda.

Gráfico 03 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 2 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)



No grupo 3, os percentuais de conformidade para ESD, CCS e CPP encontravam-se inferiores a 75% na avaliação inicial. Ao término do experimento, todos os parâmetros apresentaram conformidade superior a esse valor. A recuperação da CCS ocorreu de forma mais lenta em comparação à CPP, que demonstrou tendência mais acentuada de adequação. A evolução é apresentada no Gráfico 04.

Gráfico 04 - Evolução Sazonal da Conformidade dos Parâmetros Físico-Químicos, Celulares e Microbiológicos do Leite Cru do Grupo 3 em Queijarias de Itamonte-MG (Verão de 2023 a Primavera de 2024)



Os parâmetros físico-químicos em geral foram os que mais variaram para os três grupos analisados. Momentos de maior e menor conformidade foram observados, representando que os produtores encontraram mais dificuldade em manter dentro do padrão vigente. Sugere-se que essa situação esteja relacionada com o manejo nutricional dos animais, principalmente relacionado ao planejamento e fornecimento de concentrado e volumoso ao longo das estações analisadas.

Os resultados diferem de Silva (2024), que identificou maiores teores de gordura e menores leituras de ESD na seca em pesquisa com Queijo Artesanal de Minas na Serra do Ibitipoca. A autora relacionou as variações significativas com o efeito do manejo nutricional dos animais, principalmente na seca, quando há suplementação. A lactose também apresentou diminuição na seca, sendo atribuída à diminuição do volume total do leite.

É importante destacar que a composição genética dos animais também interfere nos teores de proteína do leite, impactando diretamente os valores de ESD e EST. Amalfitano e colaboradores (2020) identificaram que, ao incluir informações sobre os genótipos associados às principais frações proteicas, houve uma alteração expressiva na distribuição da variância dos dados, evidenciando a contribuição da genética na estabilidade desses constituintes.

O percentual de amostras conformes para CCS aumentou progressivamente do verão de 2023 à primavera de 2024 nos três grupos avaliados. Esse resultado pode estar associado à adoção de práticas simples e eficazes de controle da mastite, capazes de impactar rapidamente esse parâmetro. A melhora foi confirmada estatisticamente, com redução significativa nas medianas entre as duas primeiras e as duas últimas coletas ($P < 0,05$).

As medianas de CPP não apresentaram diferença significativa entre as estações ($P \geq 0,05$). No entanto, observou-se aumento na proporção de amostras conformes ao longo do período analisado. Esse resultado pode refletir a adesão gradual de mais produtores às práticas de controle higiênico-sanitário, embora leituras elevadas ainda tenham sido registradas na última coleta.

Picinin e colaboradores (2019) analisaram CCS, CPP e parâmetros físico-químicos do leite cru antes e após treinamentos em boas práticas de ordenha, em 43 fazendas. Observaram redução na CPP e CCS, e embora a composição do leite tenha sido mais influenciada pelo clima, fazendas treinadas mantiveram melhores níveis de proteína e sólidos mesmo durante o período chuvoso.

5.8. Correlação das variáveis físico-químicas, celular e microbiológica do leite cru coletado antes e após a OFQL

O Gráfico 05 mostra que o EST apresentou forte correlação com gordura ($r = 0,96$), proteína ($r = 0,55$) e ESD ($r = 0,50$), o que indica que esses componentes são, na verdade, os constituintes que compõem o extrato seco total e, portanto, influenciam diretamente sua variação ao longo do período. A lactose apresentou correlação baixa ($r = 0,17$), sugerindo menor impacto nesse parâmetro durante as análises.

O ESD teve correlação com lactose ($r = 0,73$) e proteína ($r = 0,66$), sugerindo que esses nutrientes contribuíram para a estabilidade do extrato seco desengordurado. Essa relação pode indicar que a composição do leite permaneceu relativamente consistente, mesmo com as possíveis mudanças de manejo e ambiente ocorridas após a intervenção realizada ao fim do verão.

A CCS apresentou correlação negativa com lactose ($r = -0,38$), o que pode sugerir que quadros inflamatórios tenham interferido na síntese desse açúcar. Estudos anteriores, como Montanhini *et al.* (2013), apontam para essa possibilidade. Coldebella *et al.* (2003) também relatam impacto da CCS sobre o volume de leite, com perdas associadas a diferentes níveis celulares.

Além disso, a CCS apresentou correlação negativa com o EST ($r = -0,20$), o que pode indicar que a inflamação na glândula mamária esteve associada a alterações na composição do leite. Embora a correlação seja fraca a moderada, esse comportamento pode estar relacionado aos desafios sanitários observados nas primeiras coletas, antes da aplicação do treinamento.

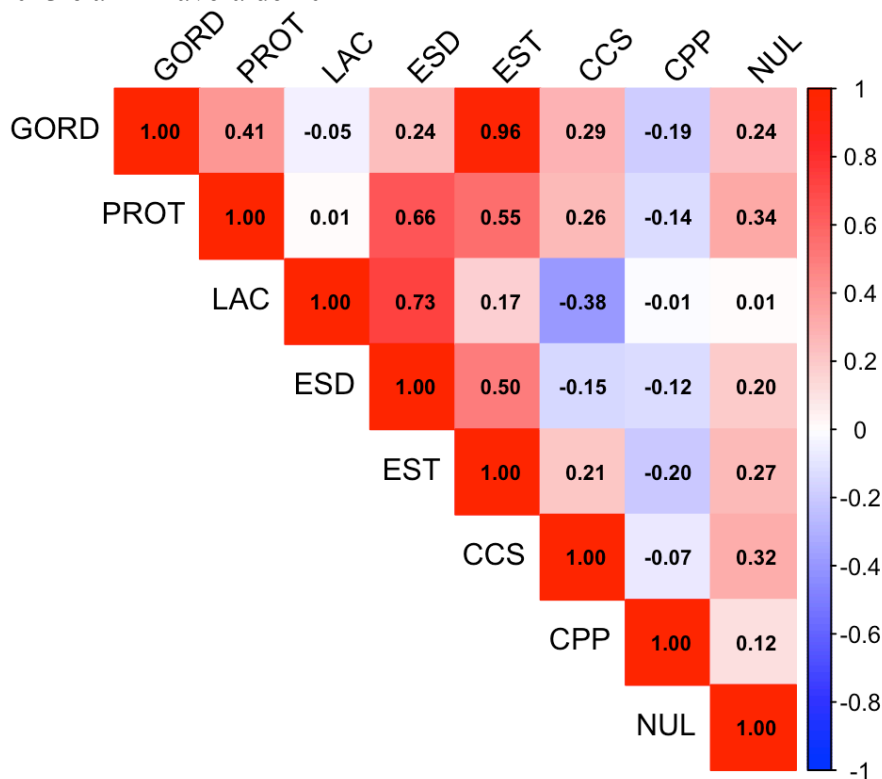
A CPP apresentou correlação negativa com gordura ($r = -0,19$) e com EST ($r = -0,20$). Esses dados, apesar de indicarem correlações fracas, sugerem que elevações na carga bacteriana estiveram ligadas à redução desses componentes, o que aponta para uma possível influência da qualidade microbiológica sobre a composição físico-química do leite.

A correlação entre NUL e proteína ($r = 0,34$) pode indicar uma possível relação com o manejo nutricional, especialmente no que diz respeito ao fornecimento de proteína na dieta. No entanto, essa interpretação pode depender de outros fatores como o estado fisiológico do animal e o equilíbrio energético da dieta.

O NUL também apresentou correlação positiva com CCS ($r = 0,32$). Resultados semelhantes foram descritos por Brum Ribeiro *et al.* (2022), que sugerem que alterações inflamatórias podem influenciar a concentração de ureia no leite, talvez devido a distúrbios na troca de solutos entre o sangue e a glândula mamária.

Considerando que o treinamento abordou aspectos como nutrição, rotina de ordenha e higiene, é possível que ele tenha contribuído para a redução gradativa das contagens de CCS e CPP. Essa mudança pode ter favorecido a manutenção dos constituintes do leite nas coletas realizadas nas estações subsequentes ao verão.

Gráfico 05 – Coeficientes de Correlação de Pearson (r) entre Variáveis Físico-Químicas, Celulares e Microbiológicas do Leite Cru Coletado em Queijarias de Itamonte-MG entre o Verão de 2023 e a Primavera de 2024



GORD: gordura, PROT: proteína; RGP: relação gordura/proteína; LAC: lactose, ESD: extrato seco desengordurado, EST: extrato seco total, nitrogênio ureico do leite; CCS: contagem de células somáticas; CPP: contagem padrão em placas

5.9. Avaliação do resíduo de antimicrobianos no leite cru coletado antes e após a OFQL

Os resultados de resíduos de antimicrobianos para todos os tempos e grupos foram negativos. Esse resultado demonstram a consciência dos produtores em relação ao uso racional dessas substâncias nas propriedades. Resultados semelhantes foram observados em pesquisas que avaliaram a qualidade do leite cru para produção de queijos artesanais (OLIVEIRA, 2014; SALES, 2015; FIGUEIREDO, 2018; VALENTE, 2020).

6. CONCLUSÃO

As amostras apresentaram CPP e CCS acima dos limites legais, além de oscilações nos teores físico-químicos do leite. Isso indica impacto negativo do manejo e das condições climáticas, comprometendo fermentação, textura e padronização dos queijos, além de representar risco à saúde pública por microrganismos patogênicos.

Observou-se ausência do uso de ferramentas de diagnóstico de mastite em grande parte das propriedades, como a caneca telada (30,4%) e o teste CMT (52,2%). A água utilizada na ordenha e na queijaria era majoritariamente de nascente. Apenas 21,7% das propriedades filtravam a água e nenhuma realizava cloração, podendo favorecer a elevação da CPP.

Observou-se dificuldades no balanceamento da alimentação animal, o que pode ter influenciado diretamente os teores de proteína e gordura no leite, parâmetros cruciais para a qualidade e rendimento do queijo artesanal.

A oficina extensionista foi conduzida com base nos resultados analíticos e na realidade local, promovendo diálogo coletivo e individual com os produtores sobre manejo nutricional, rotina de ordenha e controle sanitário, visando à sensibilização para as boas práticas.

A continuidade das coletas e análises laboratoriais, realizadas mensalmente entre outono de 2023 e primavera de 2024, possibilitou monitorar a evolução dos parâmetros físico-químicos, celulares e microbiológicos ao longo do período.

Comparativamente aos dados anteriores à intervenção, observou-se tendência de redução nas contagens de CCS e CPP, sugerindo que o treinamento pode ter incentivado mudanças pontuais nas práticas de manejo, ainda que não seja possível estabelecer relação causal direta.

A ausência de resíduos antimicrobianos nas amostras reforça o compromisso com a produção segura, alinhada aos princípios da saúde única, minimizando riscos associados à resistência microbiana e ao descarte inadequado de leite contaminado.

O incremento do percentual de amostras em conformidade com os padrões legais após a intervenção destaca a relevância do diálogo e da assistência técnica na melhoria progressiva da qualidade do leite nas propriedades estudadas.

As correlações identificadas entre parâmetros físico-químicos e microbiológicos evidenciam a influência do manejo sanitário e nutricional sobre a composição e qualidade do leite, apontando para diretrizes estratégicas de futuras intervenções, ajustadas à especificidade de cada propriedade.

Os dados obtidos fornecem subsídios relevantes para instituições públicas e parceiros locais, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias integradas que promovam a qualidade do leite cru e o fortalecimento sustentável da produção artesanal de queijos em Itamonte.

7. REFERÊNCIAS

ADAS, M. *Panorama geográfico do Brasil*. São Paulo: Moderna, 1983. 596 p.

AGUIAR, D. C. de et al. Staphylococcus aureus Isolated From Traditional Artisanal Raw Milk Cheese from Southern Brazil: Diversity, Virulence, and Antimicrobial Resistance Profile. *Frontiers in Microbiology*, v. 15, p. 1-13, 2024. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1315447.

AMALFITANO, N. et al. Quantitative and qualitative detailed milk protein profiles of 6 cattle breeds: Sources of variation and contribution of protein genetic variants. *Journal of Dairy Science*, [s.l.], v. 103, n. 12, p. 11190-11208, 2020. DOI <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19125>.

BELOTI, V. et al. Impacto da implantação de boas práticas de higiene na ordenha sobre a qualidade microbiológica e físico-química do leite cru refrigerado. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 67, n. 388, p. 5-10, 2012.

BÍBLIA. Gênesis 18:8. Tradução de João Ferreira de Almeida. *Almeida Revista e Atualizada*. 2. ed. Barueri: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993.

BLAYA, J.; BARZIDEH, Z.; LAPOINTE, G. Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 4, p. 3611-3629, 2018.

BOOR, K. J. et al. A 100-year review: microbiology and safety of milk handling. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 12, p. 9933-9951, 2017. DOI <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13254>.

BORNEMAN, D. L., INGHAM, S. Correlation between standard plate count and somatic cell count milk quality results for Wisconsin dairy producers. *Journal of Dairy Science*. 97:2646–2652, 2014. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7784>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Evolução da qualidade do leite no Brasil: amostras de leite cru avaliadas pela RBQL entre 2013 e 2020*. Brasília, DF: Mapa, 2021. Disponível em: <http://192.168.3.118:8080/handle/1/252>. Acesso em: 26 nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 730, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre a avaliação do risco à saúde humana de medicamentos veterinários, os limites máximos de resíduos (LMR) de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal e os métodos de análise para fins de avaliação da conformidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 04 jul. 2022a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa – IN nº 162, de 1º de julho de 2022. Estabelece a ingestão diária aceitável (IDA), a dose de referência aguda (DRfA) e os limites máximos de resíduos (LMR) para insumos farmacêuticos ativos (IFA) de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 04 jul. 2022b.

BRASIL. Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019. Dispõe sobre a elaboração e a comercialização de queijos artesanais. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 19 jul. 2019a.

BRASIL. Decreto 9.918, de 18 de julho de 2019. Regulamenta a Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019, que dispõe sobre a elaboração e a comercialização de queijos artesanais. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 19 jul. 2019b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA/MAA 42/1999. Plano nacional de controle de resíduos em produtos de origem animal. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 22 dez. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Estabelece os requisitos de identidade e qualidade para o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 9, 30 nov. 2018a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Estabelece critérios e procedimentos para produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 30 nov. 2018b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 73, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece o Regulamento Técnico de Boas Práticas Agropecuárias destinadas aos produtores rurais fornecedores de leite para a fabricação de produtos lácteos artesanais. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 120, 30 dez. 2019.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 mar. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/decreto-9013>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Aprova os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade de leite tipo A, B, C, cru refrigerado e pasteurizado. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 13, 20 set. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Observatório da Qualidade do Leite (OQL)*: painel interativo, 2024. Disponível em: https://Mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/DSN_OQL/DSN_OQL.html. Acesso em: 26 nov. 2024.

BRITO, J. R. F. *et al.* Adoção de boas práticas agropecuárias em propriedades leiteiras da Região Sudeste do Brasil como um passo para a produção de leite seguro. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 32, n. 2, p. 125-131, 2004.

BRITO, M. A. V. P & LANGE, C. C. *Resíduos de antibióticos no leite*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, Comunicado Técnico 44, p. 1-20, 2015.

BRUM RIBEIRO, H. C. *et al.* Influência da contagem de células somáticas e bacteriana na associação entre nitrogênio ureico e índice proteína:gordura do leite cru refrigerado. *Archives of Veterinary Science*, v. 27, n. 2, 2022.

BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB, 2003.

CABRAL, J. F. *et al.* Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 71, n. 4, 2016.

CAMPOS, E. M. de. *Atividade antimicrobiana de compostos naturais aplicados em queijos*. 2024. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

CARDOSO, M. G. B. *Microbiota bacteriana e compostos voláteis de queijo minas artesanal da região da Serra da Canastra*. 2022. 150 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

CARMINATI, D. *et al.* Investigation on the presence of blue pigment-producing *Pseudomonas* strains along a production line of fresh mozzarella cheese. *Food Control*, v. 100, p. 321-328, 2019.

- CARRASCOSA, C. *et al.* Identification of the *Pseudomonas fluorescens* group as being responsible for blue pigment on fresh cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 6, p. 6548-6558, 2021.
- CARVALHO, F. P.; BRUHN, F. R. P.; FARIA, P. B. Influência do intervalo de coleta, volume de produção e sazonalidade na qualidade do leite na região de Lavras-MG. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, p. 78701E, 2024.
- CASTRO, R. D. *et al.* Lactic acid microbiota identification in water, raw milk, endogenous starter culture, and fresh Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region of Brazil during the dry and rainy seasons. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 8, p. 6086–6096, 2016.
- COLDEBELLA, A. *et al.* Contagem de células somáticas e produção de leite em vacas holandesas de alta produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 1451-1457, 2003.
- DE VARGAS, Diego Prado *et al.* Potencialidades funcionais e nutraceuticas das proteínas do leite bovino. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 25-35, 2014.
- DE CASTRO, C. R. T. *et al.* Produção, qualidade microbiológica e aspectos nutricionais do queijo artesanal de Carvalhos-MG. 2023.
- DE ANDRADE, A. D. *et al.* Paulo Freire e a educação dialógica: relevância e aplicações no século XXI. *Aracê*, v. 6, n. 2, p. 2353-2364, 2024.
- D'AMICO, D. J.; DONNELLY, C. W. Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont: Effect of farm characteristics and practices. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 1, p. 134-147, 2010. DOI 10.3168/jds.2009-2426.
- DAVIDSON, P. M.; ROTH, L. A.; GAMBREL-LENARZ, S. A. Coliform and other indicator bacteria. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 8, p. 6105-6120, August, 2016.
- DE SOUSA BEZERRA, C. *et al.* *Listeria monocytogenes* e microrganismos indicadores em queijo coalho artesanal e industrializado no interior da Paraíba. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 5, n. 1, p. 1-18, 2025.
- DE MEDEIROS, N. C. *et al.* Quality of milk used in informal artisanal production of coalho and butter cheeses. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 4, p. 1955-1962, 2017.
- DREYER, C. *et al.* Influences of fat-protein-ratio and udder health parameters on the milk urea content of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, [s.l.], v. 104, n. 8, p. 4822-4836, 2021. DOI <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25492>
- EL ZOWALATY, M. E. *et al.* Antimicrobial resistance and whole genome sequencing of novel sequence types of *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, and *Enterococcus durans* isolated from livestock. *Nature: Scientific reports*, v. 13, n. 1, p. 18609, 2023.
- FIGUEIREDO, R. *Perfil socioeconômico de agricultores familiares e caracterização de queijo Minas artesanal de Serra do Salitre (MG) em diferentes períodos de maturação e épocas do ano*. 2018. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SMOC-B6GP5C>. Acesso em: 20 de dezembro de 2024
- FOX, P. F. *et al.* Dairy Chemistry and Biochemistry. Basel: Springer International Publishing, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2025.
- FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. *Advanced dairy chemistry: lipids*. 3. ed. New York: Springer, 2006.

FREIRE, Paulo. Educação como prática da liberdade. 6. ed. *Paz e Terra*, Rio de Janeiro:, 1977

FURTADO, L. M. V. *et al.* *Plano de Uso Público – Parque Nacional do Itatiaia*. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Unidades de Conservação e Vida Silvestre, Departamento de Unidades de Conservação, Sub-Programa de Uso Público. Projeto BRA/00/009 – PNUD, Contrato No. 2000/005501, termo de referência Nº 50.516 – PNUD, 2001

GAMMARIELLO, C. S. *et al.* Localized mammary gland changes in milk composition and venous blood metabolite concentrations result from sterile subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, v. 107, n. 8, p. 6148-6160, 2024. DOI 10.3168/jds.2023-24044.

GLATZ-HOPPE, J., *et al.* Relationship between milk constituents from milk testing and health, feeding, and metabolic data of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103:10175– 10194. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17981>, 2020.

GUERREIRO, P. K. *et al.* Qualidade microbiológica de leite em função de técnicas profiláticas no manejo de produção. *Ciência Agrotecnológica*, Lavras, v. 29, n. 1, p.216-222, 2005

HARDING, F. *Milk quality*. 1 ed., Glasgow: Blackie, p. 166, 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção da Pecuária Municipal 2023*. ISSN 0101-4234. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Áreas urbanizadas do Brasil 2019*. Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

ICMBio. Boletim Técnico Nº 18. *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade*. Boletim Técnico, ISSN 1677-6569, Brasília, 2014.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Nota Técnica 004/17: Estação chuvosa em Minas Gerais*. Belo Horizonte: 5º Distrito de Meteorologia, 2017.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Milk - Quantitative determination of bacteriological quality - *Guidance for establishing and verifying a conversion relationship between routine method results and anchor method results*. Genebra: ISO, 2021. 19 p.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Milk - Bacterial Count - *Protocol for the evaluation of alternative methods*. Genebra: ISO, 2020. 11 p.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Microbiologia da cadeia produtiva de alimentos - *Método horizontal para a enumeração de microrganismos - Parte 1: Contagem de colônias a 30 °C pela técnica de pour plate*. Genebra: ISO, 2015.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Milk and liquid milk products - *Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry*. Genebra: ISO, 2013. 14 p.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Milk and milk products - *Determination of antimicrobial residues - Tube diffusion test*. Genebra: ISO, 2006a.

ISO - Organização Internacional para Normalização. Milk - *Enumeration of somatic cells - Part 2: Guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters*. Genebra: ISO, 2006b. 15 p.

JÁCOME, D. C. *Avaliação da qualidade do leite cru em diferentes sistemas de produção e épocas do ano*. 47 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

KROMKER, V.; LEIMBACH, S. Mastitis treatment—Reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, v. 52, n. S3, p. 21-29, 2017.

COSTA, A. *et al.* Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of dairy science*, v. 102, n. 7, p. 5883-5898, 2019.

MAGALHÃES, A. C. M. de. *Milk and plasma urea nitrogen on crossbreed cows*. 56 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia, diagnóstico e controle de doenças; Epidemiologia e controle de qualidade de prod. de) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MARTIN, N. H., EVANOWSKI, R. L., & WIEDMANN, M. Invited review: Redefining raw milk quality-evaluation of raw milk microbiological parameters to ensure high-quality processed dairy products. *Journal of Dairy Science*, 106(3), p. 1502-1517, 2023. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22416>.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. *Advanced Dairy Chemistry: Proteins - Basic Aspects*. 4th ed. New York: Springer v. 1A. ISBN 978-1-4614-4713-9. DOI 10.1007/978-1-4614-4714-6, 2013a.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. *Advanced Dairy Chemistry: Proteins - Applied Aspects*. 4th ed. New York: Springer, v. 1B. ISBN 978-1-4614-4713-9. DOI 10.1007/978-1-4614-4714-6, 2013b.

MELO, J.; ANDREW, P. W.; FALEIRO, M. L. *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. *Food Research International*, v. 67, p. 75-90, 2015.

MENESES, J. N. C. Queijo Artesanal de Minas: patrimônio cultural do Brasil. *Dossiê interpretativo*, v. 1, 2006.

MINAS GERAIS. Portaria n.º 2.049, de 7 de abril de 2021. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 7 abr. 2021a.

MINAS GERAIS. Portaria n.º 2.050, de 7 de abril de 2021. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Artesanal de Alagoa. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 7 abr. 2021b.

MINAS GERAIS. Decreto n.º 48.024, de 19 de agosto de 2020. Regulamenta a Lei n.º 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a produção e a comercialização do Queijo Minas Artesanal. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 20 ago. 2020. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-numerada/decreto/2020/48024>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MINAS GERAIS. Lei n.º 23.157, de 18 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a produção e a comercialização de Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 19 dez. 2018. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-numerada/lei/2018/23157>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MINAS GERAIS. *Diagnóstico Estratégico da Cadeia Produtiva Agroindustrial do Leite em Minas Gerais*. Belo Horizonte: SEAPA/MG, 2024.

MOREIRA, L. C. *et al.* Interferência sazonal e do volume de produção de leite nos resultados de CPP e CCS. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 76, n. 3, p. 168-179, 2021.

MONTANHINI, M. T. M.; MORAES, H. M.; MONTANHINI NETO, R. M. Influência da contagem de células somáticas sobre os componentes do leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Minas Gerais, v. 68, n. 392, p. 18-22, 2013.

MONTGOMERY, Douglas C. Design and analysis of experiments. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.

MUHAMMAD, L. N. *et al.* Guidelines for repeated measures statistical analysis approaches with basic science research considerations. *The Journal of clinical investigation*, v. 133, n. 11, 2023.

NORO, G. *et al.* Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 1129-1135, 2006.

OLIVEIRA, L. G. *Caracterização microbiológica e físico-química durante a maturação em diferentes épocas do ano de queijo Minas artesanal de produtores cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes – MG*. 2014. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

PAIXÃO, M. G. *et al.* Impacto econômico da implantação das boas práticas agropecuárias relacionadas com a qualidade do leite. *Revista Ceres*, v. 61, p. 612-621, 2014.

PEGOLO, S. *et al.* Associations between differential somatic cell count and milk yield, quality, and technological characteristics in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 4, p. 4822-4836, 2021.

PERES, J. R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. *Gráfica da UFRGS*, Porto Alegre, p. 30-45, 2001.

PIRES, M. F. Á. *et al.* Caracterização do Queijo Artesanal de Alagoa-MG: parâmetros físicos, físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n. 41, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 37 p., 2019.

ROSA, F. D. da. *Avaliação dos efeitos de diferentes proporções volumoso: concentrado na produção e composição do leite em vacas holandesas*. 2015. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

RUEGG, P. L. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 12, p. 10381-10397, 2017. DOI 10.3168/jds.2017-13023. Disponível em: <https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2817%2931032-9/fulltext>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SALES, G. de A. *Caracterização microbiológica e físico-química de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a maturação em diferentes épocas do ano*. 2015. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SAMPAIO, V. S. C. *et al.* Influência de diferentes tipos de micro-organismos na contagem bacteriana total por citometria de fluxo do leite cru refrigerado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, p. 607-612, 2015.

SCHWARZ, D. *et al.* Differential cell counting in milk for monitoring udder health: Use of flow cytometry. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 94, n. 5, p. 1022-1028, 2011. DOI 10.3168/jds.2011-00524.

SILVA, N. M. A. *et al.* Influence of somatic cell count and total bacterial counts of raw milk in cheese yield using small-scale methodology. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 5, p. 1367-1372, 2012. DOI 10.1590/S0102-09352012000500030.

SILVA, N. N. *et al.* Micelas de caseína: dos monômeros à estrutura supramolecular. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, p. e2018185, 2019.

SILVA, Natália Ricardo Leite. *Caracterização microbiológica e físico-química do Queijo Minas Artesanal da região Serras da Ibitipoca, ao longo da maturação nos períodos seco e chuvoso*. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia, Juiz de Fora, 2024. Acesso em: 14 de março de 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/17068>

SOARES, F.A.C. Composição do leite: fatores que alteram a qualidade química. *Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2013.

SOUZA, G. N. *et al.* Variação da contagem de células somáticas em vacas leiteiras de acordo com patógenos da mastite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, p. 1015-1020, 2009.

STRÖHER, J. A.; KAMPHORST, R. C. M.; PADILHA, R. L. Detecção de resíduos de antibiótico no leite cru refrigerado de produtores do norte do Rio Grande do Sul. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 8, n. 3, 2022. Disponível em: <https://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/3380>. Acesso em:

TRMČIĆ, A. *et al.* Coliform detection in cheese is associated with specific cheese characteristics, but no association was found with pathogen detection. *Journal of dairy science*, v. 99, n. 8, p. 6105-6120, 2016.

TOMMASONI, Chiara *et al.* Mastitis in dairy cattle: On-farm diagnostics and future perspectives. *Animals*, v. 13, n. 15, p. 2538, 2023.

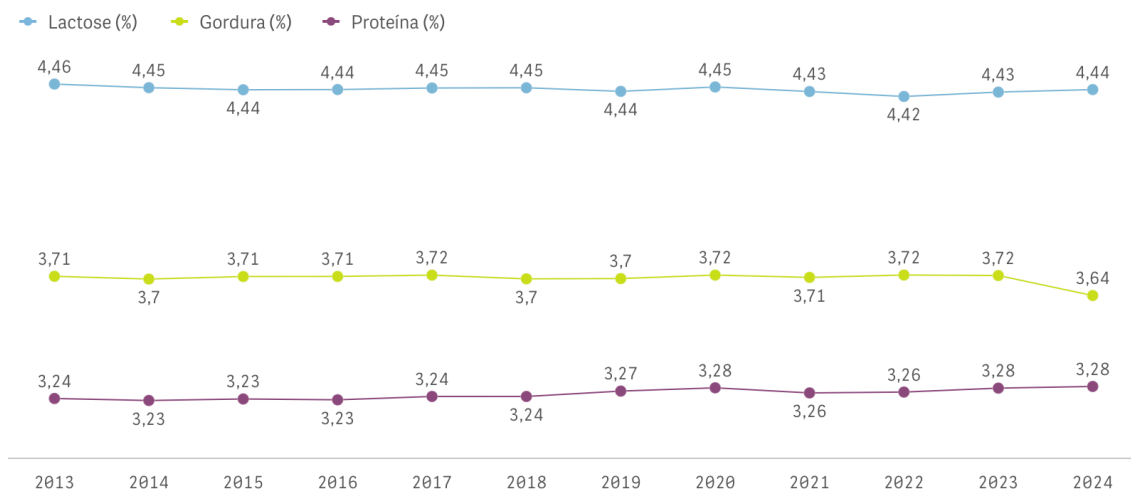
VAN SCHAIK, G.; LOTEM, M.; SCHUKKEN, Y. H. Trends in somatic cell counts, bacterial counts, and antibiotic residue violations in New York State during 1999–2000. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 4, p. 782-789, 2002.

VALENTE, G. L. C. *Caracterização microbiológica e físico-química de água, leite cru, soro-fermento, swabs de superfícies e queijo Minas artesanal da região de Campo das Vertentes ao longo da maturação nas estações de seca e chuva*. 110 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/46129>. Acesso em: 18 dez. 2024.

8. ANEXOS

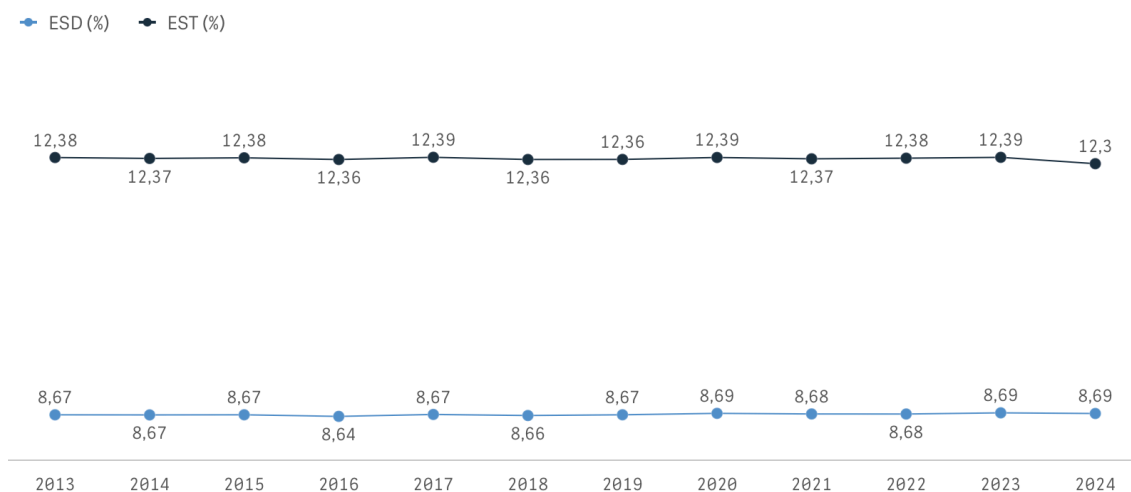
ANEXO I: Qualidade do leite cru no contexto nacional, estadual e local de Itamonte – MG

Figura 1 - Médias nacionais dos teores de lactose, gordura e proteína no leite cru refrigerado analisado pela RBQL entre 2013 e 2024.



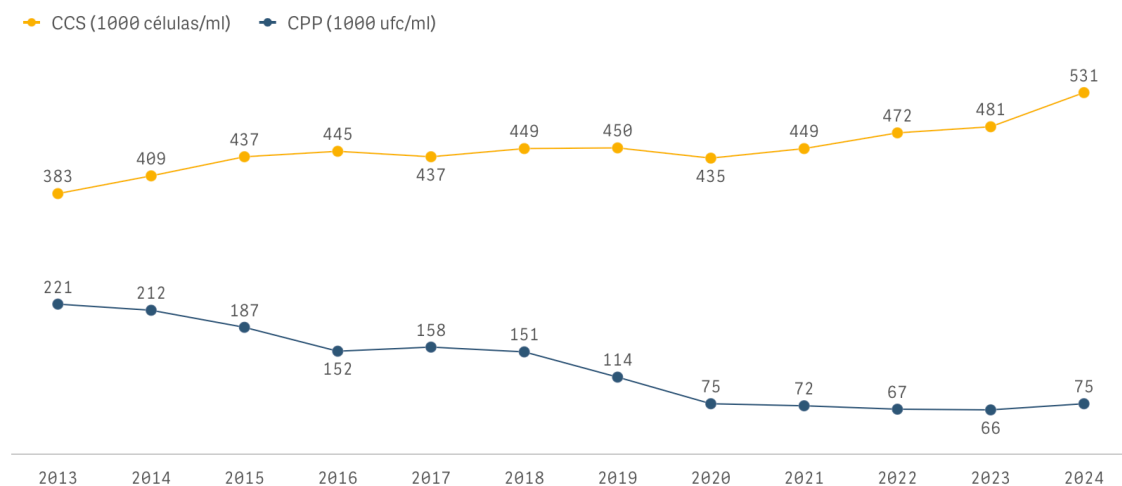
Fonte: Adaptado de Brasil, 2024

Figura 2 - Médias aritméticas nacionais de Extrato Seco Total (EST) Extrato Seco Desengordurado (ESD) das amostras de leite cru refrigerado analisadas por ano na RBQL, entre 2013 e 2024.



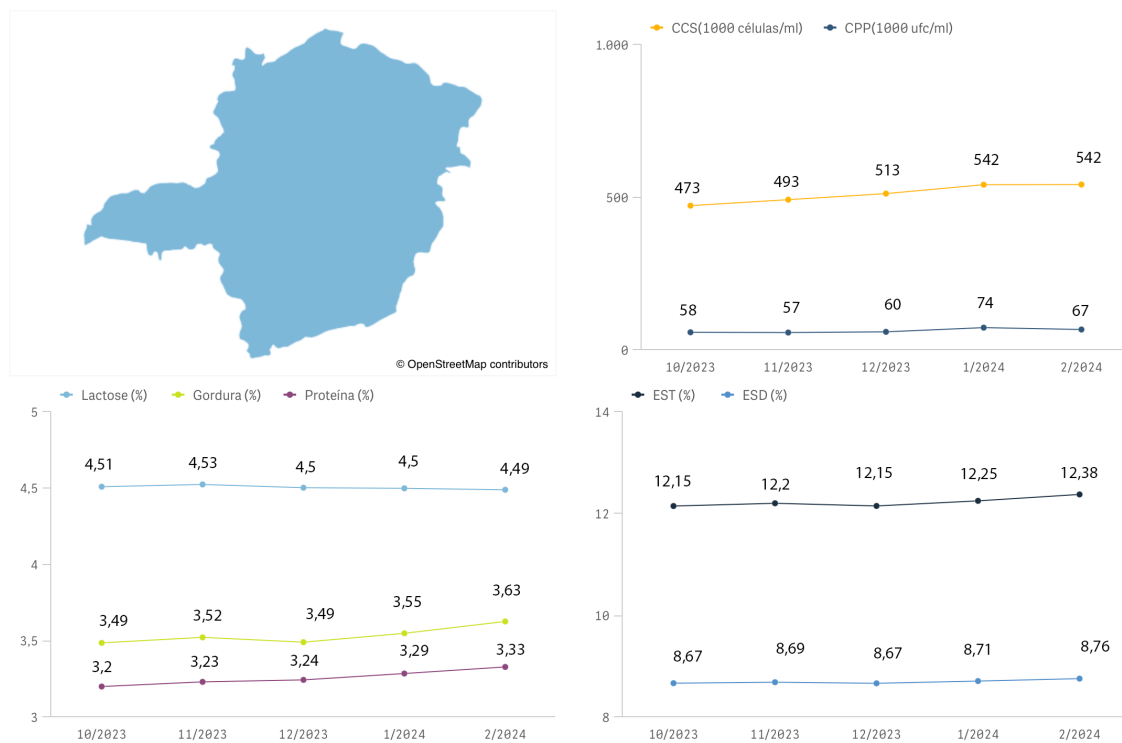
Fonte: Adaptado de Brasil, 2024

Figura 3 - Médias geométricas nacionais das amostras de leite cru refrigerado para Contagem Padrão em Placas – CPP x 1.000 UFC/mL e Contagem de Células Somáticas – CSS x 1.000 cél/mL no Brasil, entre 2013 e 2024.



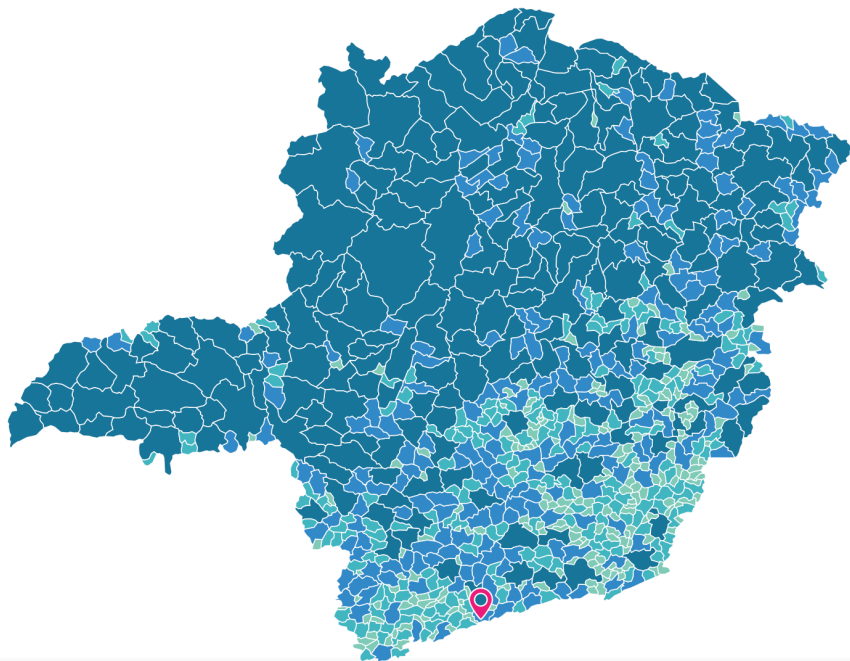
Fonte: Adaptado de Brasil, 2024

Figura 4 - Análises de leite cru para Composição Centesimal, CCS e CPP entre Outubro de 2023 e Fevereiro de 2024 em Minas Gerais, em estabelecimentos sob registro do SIF.



FONTE: Adaptado de BRASIL, 2024

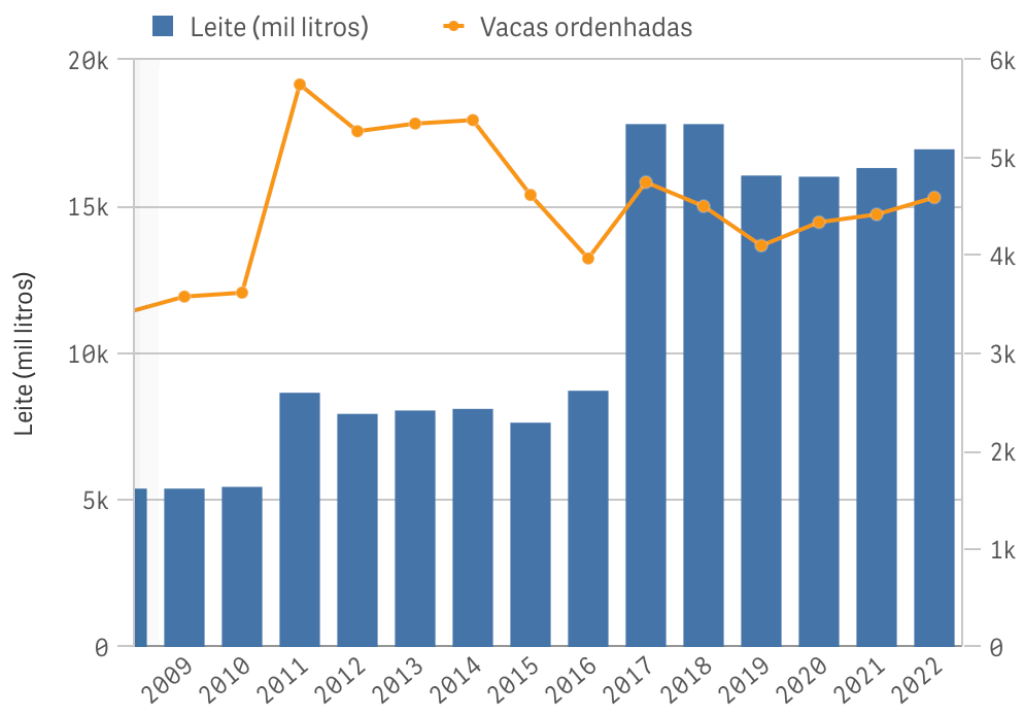
Figura 5 - Localização de Itamonte (vermelho) no estado de Minas Gerais.



FONTE: Adaptado de IBGE, 2019

Figura 6 - Quantidade de leite produzido (mil litros) de 2009 a 2022 e número de vacas ordenhadas no mesmo período em Itamonte - MG.

ITAMONTE (MG)



FONTE: Adaptado de IBGE, 2024.

ANEXO II: Médias dos parâmetros de qualidade físico-químicos, microbiológicos e de CCS de leite cru destinado a estabelecimentos em âmbito federal, estadual e municipal.

Quadro 01 - Médias das porcentagens de EST, ESD, proteína e lactose; e CCS e CPP de leite cru destinado a estabelecimentos registrados no SIF, SIE e SIM entre 2020 e 2024.

Inspeção	ST (%)	ESD (%)	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	CCS (x 1.000 cl/mL)	CPP (x 1.000 UFC/mL)
2020							
SIF	12,38	8,68	3,71	3,27	4,45	435	75
SIE	12,50	8,68	3,88	3,30	4,39	443	155
SIM	12,47	8,61	3,85	3,29	4,39	486	131
2021							
SIF	12,36	8,67	3,70	3,25	4,43	449	72
SIE	12,46	8,70	3,83	3,28	4,38	476	147
SIM	12,33	8,62	3,77	3,24	4,37	511*	158
2022							
SIF	12,37	8,67	3,71	3,26	4,41	472	67
SIE	12,45	8,71	3,84	3,27	4,36	513*	127
SIM	12,38	8,70	3,78	3,25	4,36	557*	125
2023							
SIF	12,38	8,69	3,71	3,27	4,43	481	66
SIE	12,46	8,73	3,82	3,29	4,38	516*	123
SIM	12,44	8,72	3,82	3,27	4,38	563*	120
2024							
SIF	12,29	8,68	3,63	3,28	4,44	531*	75
SIE	12,35	8,74	3,74	3,28	4,38	547*	122
SIM	12,30	8,76	3,73	3,26	4,37	619*	118
Padrão:	≥ 11,4 %	≥ 8,4 %	≥ 3,0 %	≥ 2,9 %	≥ 4,3 %	≤ 500	≤ 300

ST: Sólidos Totais, ESD: Extrato Seco Desengordurado, CCS: Contagem de Células Somáticas, CPP: Contagem Padrão em Placas, SIF: Serviço de Inspeção Federal, SIE: Serviço de Inspeção Estadual, SIM: Serviço de Inspeção Municipal.

Para a Composição Centesimal utilizou-se a média aritmética e para CCS e CPP, utilizou-se média geométrica. Os valores fora do Padrão Legal (BRASIL, 2018a) foram sinalizados em **negrito**.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2024.

ANEXO III: Diagnóstico observacional sobre as práticas de manejo e ordenha nas propriedades produtoras de leite cru em Itamonte – MG.

**DIAGNÓSTICO OBSERVACIONAL SOBRE AS PRÁTICAS DE
MANEJO E ORDENHA NAS PROPRIEDADES PRODUTORAS DE
LEITE CRU EM ITAMONTE – MG**

Data:	Técnico ATeR:
Nome da queijaria:	e-mail:
Endereço da propriedade:	
Tel (com DDD):	
Os dados abaixo serão utilizados para promoção de pesquisa científica, excluindo-se qualquer tipo de personificação dos dados.	
DADOS GERAIS	
Leite beneficiado de origem: ☐ Própria ☐ Terceiros ☐ Misto	Volume de leite destinado ao queijo: Próprio: Terceiros:
A propriedade possui e utiliza Tanque de Refrigeração por Expansão? ☐ SIM ☐ NÃO	
A instalação possui registro sanitário em órgão de inspeção sanitária de Produtos de Origem Animal? ☐ SIM ☐ NÃO	
Caso tenha respondido SIM na aba anterior, por favor, marque em qual instância de inspeção a queijaria se adequa: ☐ SIM ☐ IMA ☐ SIF	
DADOS ESPECÍFICOS SOBRE QUALIDADE DE LEITE	
Os dados respondidos abaixo deverão representar a realidade atual da propriedade, visando o ganho científico nas análises de qualidade de leite.	
A ordenha realizada na propriedade é: ☐ Manual ☐ Mecânica do tipo Latão ao Pé	

☐ Mecânica canalizada
Sobre a higienização do Tanque de Refrigeração por Expansão e/ou Latão de Leite, assinale:
☐ É realizada higienização diária do Tanque de Refrigeração
☐ É realizada higienização diária do Latão de Leite
☐ Utiliza detergente alcalino
Se SIM, quantas vezes por semana: vezes/semana
☐ Utiliza detergente ácido
Se SIM, quantas vezes por semana: vezes/semana
☐ Utiliza detergente neutro
Se SIM, quantas vezes por semana: vezes/semana
☐ Utiliza sanitizante
Se SIM, quantas vezes por semana: vezes/semana
Assinale os principais controles realizados no momento da ordenha:
☐ Utilização de uniforme específico
☐ Higienização das mãos
☐ Uso de luvas descartáveis
☐ Utilização de papel toalha descartável para secagem dos tetos
☐ Lavagem dos tetos
☐ Pré-dipping
☐ Teste da Caneca Preta Telada
☐ CMT (<i>Californian Mastitis Test</i>)
☐ Pós-dipping
A água de abastecimento da ordenha é captada em:
☐ Nascente
☐ Água superficial
☐ Cisterna
☐ Poço artesiano (ou semi-artesiano*)
<i>*Na legislação ambiental, poço semi-artesiano classifica-se como poço artesiano.</i>
Assinale abaixo os controles sobre a água utilizada na ordenha:
☐ Possui caixa de água própria para a ordenha

☐ Filtrada ☐ Clorada
Faz controle de cloração na água diariamente? ☐ Sim ☐ Não

ANEXO IV: Acordo de participação encaminhado para assinatura dos participantes.**ACORDO DE PARTICIPAÇÃO**

O projeto de pesquisa envolverá a análise de leite para produção de queijo artesanal para pesquisa da qualidade de leite físico-química e microbiológica. As análises iniciarão no mês de dezembro de 2023 e seguirão o cronograma previsto abaixo:

Mês	Coleta de Amostra e envio para o LabUFMG	Visita dos pesquisadores à cidade de Itamonte-MG	Período de adaptação
Dezembro.2023	X		
Janeiro.2023			X
Fevereiro.2024		X	
Março.2024			X
Abril.2024	X		
Mai.2024			X
Junho.2024	X		
Julho.2024			X
Agosto.2024			X
Setembro.2024			X
Outubro.2024	X		
Novembro.2024	Período de análise de dados		

Dezembro/2024	Apresentação dos resultados e visita dos pesquisadores à Itamonte – MG para Dia de Campo
----------------------	---

Os dados individuais serão protegidos, sendo apresentados por meio de números sortidos aleatoriamente para cada propriedade. Os acordos firmados são:

1. O produtor ou a produtora rural se compromete em aderir ao processo de pesquisa vinculado à Universidade Federal de Minas Gerais, conduzido pela mestranda Livia Carvalho Maia, médica veterinária e orientada pelo Prof. Dr. Marcelo Resende de Souza, médico veterinário, fornecendo todos os dados citados no Check List.
2. O produtor ou a produtora rural se compromete em dispor de tempo para participar dos eventos propostos sobre qualidade de leite, realizados no município de Itamonte-MG e dos esclarecimentos individuais sobre os resultados das análises de maneira privada e pessoal.
3. O produtor ou a produtora rural se compromete em fornecer os dados e materiais necessários para a condução do projeto de pesquisa em sua propriedade.

Dito os acordos, firmam as partes:

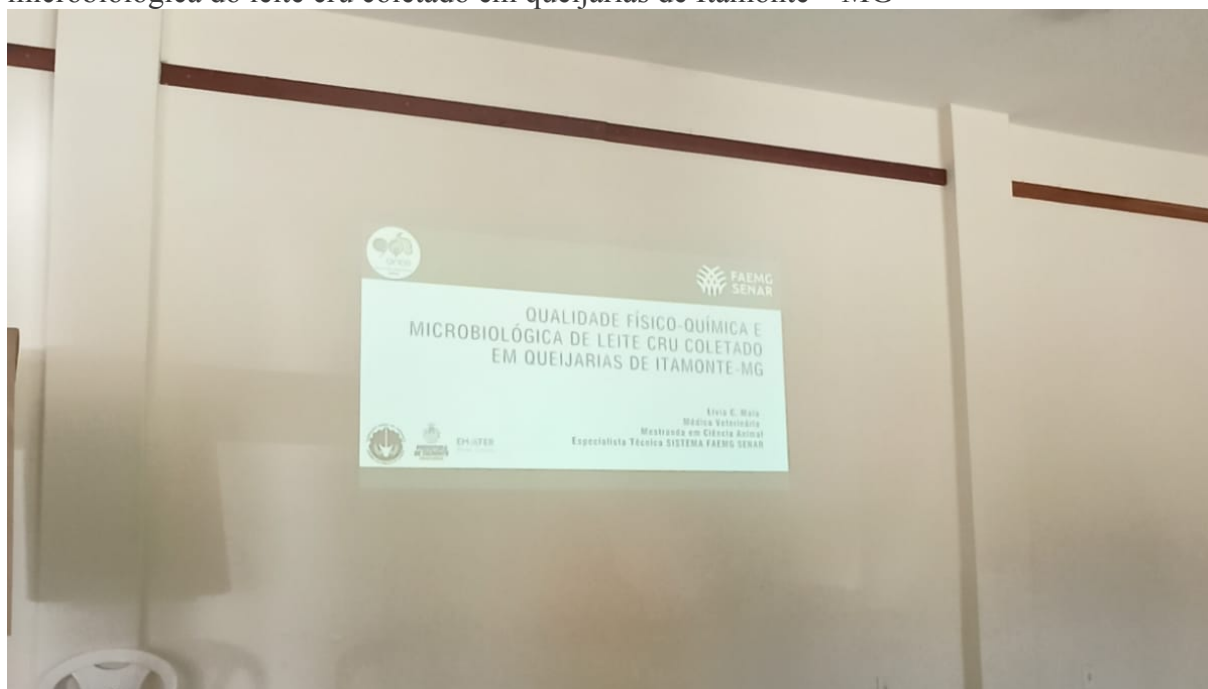
Produtor(a) rural

Livia Carvalho Maia

Prof. Marcelo Resende de Souza

ANEXO V: Registro fotográfico da oficina de treinamento em qualidade do leite cru realizada em Itamonte – MG.

Figura 7 - Início da apresentação da oficina, com tema “Qualidade físico-química e microbiológica do leite cru coletado em queijarias de Itamonte – MG



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024)

Figura 8 – Participantes da oficina assistem à apresentação dos resultados gerais das análises de leite cru.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024).

Figura 9 – Produtor e Profa. Dra. Cláudia Freire de Andrade Moraes Penna em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024).

Figura 10 – Produtor e Prof. Dr. Marcelo Resende de Souza em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024).

Figura 11 – Produtor e estudante de pós-graduação Livia Carvalho Maia em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024).

Figura 12 – Produtores, estudante de pós graduação Livia Carvalho Maia, Técnica de Campo Júlia Bernardes, Prof. Dr. Marcelo Resende de Souza e Profa. Dra. Cláudia Freire de Andrade Moraes Penna em momento de devolutiva individual, com base nos dados laboratoriais da propriedade.



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2024).