



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DAS CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
QUÍMICA BACHARALDO

GABRIELLY CARGNIN DE OLIVEIRA

**ANÁLISES QUÍMICAS QUALITATIVAS PARA VERIFICAR ADULTERAÇÕES EM
LEITE PASTEURIZADO**

DOURADOS - MS

12/ 2025

GABRIELLY CARGNIN DE OLIVEIRA

**ANÁLISES QUÍMICAS QUALITATIVAS PARA VERIFICAR ADULTERAÇÕES EM
LEITE PASTEURIZADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, junto à Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientadora: Profa. Dra. Daniele Mignolo dos Santos

Área de concentração: Química Analítica

DOURADOS – MS

12/ 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

	Oliveira, Gabrielly Cargnin De Análises químicas qualitativas para verificar adulterações em leite pasteurizado [recurso eletrônico] / Gabrielly Cargnin De Oliveira. – Dourados, 2025. Arquivo em formato pdf. Orientadora: Profa. Dra. Daniele Mignolo dos Santos. TCC (Graduação em Química) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Leite - análises físico-químicas. 2. Fraude. I. Título.
--	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

GABRIELLY CARGNIN DE OLIVEIRA

Análises químicas qualitativas para verificar adulterações em leite pasteurizado

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel(a) em
Química junto à Universidade Federal da
Grande Dourados.

Aprovada em 12/12/2025

Documento assinado digitalmente
 DANIELE MIGNOLO DOS SANTOS
Data: 16/12/2025 10:52:55-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Daniele Mignolo dos Santos Orientadora

Documento assinado digitalmente
 ADRIANA EVARISTO DE CARVALHO
Data: 15/12/2025 16:14:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Adriana Evaristo de Carvalho (Membro)

Prof. Dr. Tiago André Denck Colman (Membro)



DOURADOS - MS

12/ 2025

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de uma caminhada marcada por desafios e superações. Por isso, agradeço primeiramente a Deus, por me fortalecer, me guiar e me dar coragem para concluir mais uma etapa da minha vida.

À minha mãe, Márcia, dedico não apenas este trabalho, mas cada passo da minha trajetória. Obrigada por cada palavra de incentivo, por ser meu abraço seguro nos dias difíceis e por nunca deixar que eu desistisse dos meus sonhos. Seu amor incansável, seus sacrifícios silenciosos, sua fé e orações foram o que me sustentaram até aqui.

Ao meu pai, Elias, agradeço pelo apoio constante, pela confiança depositada em mim e por ser meu exemplo de força, caráter e determinação. Sua presença, seu amor e seu incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu irmão, Gabriel, deixo um agradecimento cheio de carinho e gratidão. Obrigada por estar comigo nos momentos leves e também nos mais difíceis, sua companhia e apoio tornaram essa caminhada mais leve e tranquila. Levo comigo, cada gesto seu e cada palavra que me incentivou a seguir em frente.

Aos meus amigos, Ana, Guilherme e Paulo, deixo um agradecimento especial por estarem comigo durante toda essa jornada. Obrigada por cada palavra de incentivo, pelas conversas sinceras, pela paciência nos momentos difíceis e pelas risadas que tornaram tudo mais leve. Estendo esse agradecimento também a Maria e ao Donimar, que contribuíram com apoio, carinho e gestos que fizeram diferença ao longo do caminho.

À minha orientadora Profa. Dra. Daniele Mignolo dos Santos, meus mais sinceros agradecimentos, pela dedicação, paciência e disponibilidade ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada por transmitir conhecimento com clareza e por me guiar com sabedoria em cada etapa desta pesquisa. Agradeço por todo o apoio, compreensão e pelo compromisso em me ajudar a evoluir não apenas como estudante, mas também como profissional.

Agradeço aos técnicos do laboratório, cuja colaboração e suporte foram fundamentais para a realização das análises. A organização e a disponibilidade demonstradas ao longo de todo o trabalho contribuíram significativamente para a

qualidade dos resultados obtidos. Em particular, agradeço a técnica Liriana, pela atenção, paciência e apoio prestado durante a execução das análises.

Meus agradecimentos aos meus orientadores que contribuíram para minha formação durante o período de Iniciação Científica. À minha orientadora anterior, Profa. Dra. Daiane Roman, agradeço pela orientação inicial, que contribuiu para os meus primeiros passos da minha trajetória acadêmica. Ao meu orientador atual, Prof. Dr. Thalles Pedrosa Lisboa, agradeço pela dedicação, disponibilidade e pelo acompanhamento ao longo desta etapa.

Agradeço a todos os professores da graduação, que contribuíram de forma essencial para minha formação acadêmica, em particular aos professores, Adriana, Jaime e Heberth, cuja dedicação, compromisso e apoio marcaram positivamente minha trajetória.

Gostaria também de deixar um agradecimento especial em memória de minha Tia Antônia, que nos deixou este ano. Sua presença marcou profundamente minha vida. Dedico a ela esta conquista com todo o meu carinho, sabendo que, de alguma forma, ela continua acompanhando cada passo meu.

Aos membros da banca que gentilmente aceitaram o convite para a avaliação desta monografia.

À UFGD por proporcionar a infraestrutura necessária. A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do leite pasteurizado por meio de análises físico-químicas e testes qualitativos, a fim de verificar seu estado de conservação e identificar possíveis adulterações. Foram analisadas amostras de leite pasteurizado provenientes de dois laticínios de Dourados, MS, incluindo leite pasteurizado comum e leite tipo A. As análises físico-químicas realizadas de determinação do pH, acidez titulável (°Dornic) e a densidade, seguiram metodologias oficiais do Ministério da Agricultura. Todas as amostras apresentaram valores de densidade dentro dos padrões estabelecidos para leite bovino, indicando ausência de diluição ou desnate. Os valores de acidez e pH também estiveram dentro da faixa esperada, exceto por uma amostra que apresentou leve acidificação devido à proximidade da data de validade. Além disso, foram aplicados testes qualitativos para identificar fraudes comuns: o teste do alizarol, para detecção de hidróxido de sódio (NaOH), e o teste com solução de iodo, para detecção de amido. Os avaliadores conseguiram distinguir as amostras adulteradas a partir das mudanças características de coloração, demonstrando a eficácia desses métodos rápidos. Os espectros de absorção UV-Vis dos reagentes reforçaram a interpretação dos resultados visuais. De modo geral, o trabalho evidências a importância das análises físico-químicas e dos testes qualitativos como ferramentas essenciais para garantir a autenticidade do leite e prevenir fraudes.

Palavras-chave: leite, análises físico-químicas, fraude.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of pasteurized milk through physical-chemical analyses and qualitative tests in order to verify its state of preservation and identify possible adulteration. Samples of pasteurized milk from two dairies in Dourados, MS, were analyzed. The physical-chemical analyses performed to determine pH, titratable acidity (°Dornic), and density followed official methodologies from the Ministry of Agriculture. All samples had density values within the standards established for bovine milk, indicating no dilution or skimming. Acidity and pH values were also within the expected range, except for one sample that showed slight acidification due to its proximity to the expiration date. In addition, qualitative tests were applied to identify common frauds: the alizarin test to detect sodium hydroxide (NaOH) and the iodine solution test to detect starch. The evaluators were able to distinguish the adulterated samples based on characteristic color changes, demonstrating the effectiveness of these rapid methods. The UV-Vis absorption spectra of the reagents reinforced the interpretation of the visual results. The study of the physical-chemical analyses and qualitative tests as essential to ensure the milk quality and to prevent fraud.

Keywords: milk, physical-chemical analyses, fraud.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. A pecuária leiteira no Brasil.....	9
1.2. Definição e características do leite bovino	11
1.3. Classificação do leite.....	12
1.4. Processamento industrial do leite.....	13
1.5. Fraudes em leite	16
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. Objetivo geral.....	20
2.2. Objetivos específicos	20
3. PARTE EXPERIMENTAL	21
3.1. Determinação da densidade do leite.....	21
3.2. Determinação da acidez do leite pelo método Dornic	23
3.3. Medida de pH.....	24
3.4. Análises químicas qualitativas	25
3.4.1. Análise química qualitativa do pH do leite com solução de alizarol	25
3.4.2. Análise química qualitativa para identificação do amido.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1. Análises físico-químicas.....	31
4.2. Análises químicas qualitativas	35
4.2.1. Análise química qualitativa do pH do leite com solução de alizarol	35
4.2.2. Análise química qualitativa para identificação do amido.....	39
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Em situações relatadas na história, a necessidade de sobrevivência, fez com o que o homem identificasse, ainda na antiguidade, a importância do leite e dos seus derivados, como principais fontes nutricionais. Porém, naquela época ainda não se conhecia uma forma eficaz para a conservação do leite. Durante muito tempo o leite foi consumido por quem produzia e não tinha um valor comercial, visto que tinha uma rápida deterioração. Até aquele momento, meados do século XIX, pesquisadores já haviam observado a ocorrência da fermentação em alguns produtos, mas não tinham justificativas para validar a hipótese de que seres vivos participavam do processo fermentativo ¹.

Essa hipótese de que seres vivos participavam do processo fermentativo foi comprovada por Pasteur, a partir de 1863, com seus trabalhos sobre vinho e cerveja. Com base em suas observações, estabeleceu o processo que ficou conhecido como pasteurização, no qual as bactérias são eliminadas pelo aquecimento, durante 15 s a 20 s, na faixa de temperatura de 72 °C a 75 °C, seguido por resfriamento brusco, até temperatura igual ou inferior a 4 °C ². Esse choque térmico provocará a destruição dos microrganismos em geral ¹, oferecendo ao consumidor um produto seguro, com vida útil aceitável, e maior tempo de prateleira ³.

1.1. A pecuária leiteira no Brasil

A pecuária no Brasil surgiu em 1532, quando Martim Afonso de Souza desembarcou em São Vicente trazendo os primeiros 32 bovinos de origem europeia. Com o passar do tempo, o rebanho bovino se expandiu pelo território brasileiro, com a produção de carne e de leite. “De acordo com o historiador João Castanho Dias, em sua obra *As raízes leiteiras do Brasil*, a primeira ordenha registrada no país ocorreu em 1641, em uma fazenda localizada perto de Recife, representando o marco inicial da atividade leiteira no Brasil” ⁴. Esse episódio simboliza a consolidação de uma prática que se tornaria fundamental para a alimentação da população e para o desenvolvimento do setor agropecuário nacional ⁴.

Porém, a pecuária leiteira permaneceu insignificante no Brasil por mais de três séculos, sendo considerada uma atividade secundária diante da predominância da

produção de carne e da expansão agrícola voltada principalmente para as culturas de exportação ⁴. Entretanto, a partir de 1888, a pecuária leiteira ganhou maior expressão, expandindo-se do Sul em direção ao Nordeste, em áreas próximas aos grandes centros consumidores, onde a demanda por alimentos crescia muito ⁵.

A partir da década de 1950, a pecuária começou a apresentar os primeiros indícios de modernização. A primeira norma de organização da produção leiteira no Brasil ocorreu em 1952, com a aprovação do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Essa legislação estabeleceu a obrigatoriedade da pasteurização do leite destinado ao consumo humano, bem como a inspeção e certificação por meio do carimbo do Serviço de Inspeção Federal (SIF), representando a oferta de um produto de qualidade à população ⁵.

No decreto de 1952, havia também a classificação do leite pasteurizado em tipos A, B e C, de acordo com as condições sanitárias da ordenha, do processamento, da comercialização e da contagem microbiana. Essa medida representou um importante avanço no controle da qualidade do leite, estabelecendo parâmetros técnicos que orientaram a cadeia produtiva por várias décadas ⁴. Ainda nessa trajetória de fortalecimento do setor leiteiro, foi criada a empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio do Decreto nº 72.020, de 28 de 1973. Posteriormente, em 26 de outubro de 1976, foi fundado o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, hoje denominado Embrapa Gado de leite, representando um marco significativo para o desenvolvimento da pecuária leiteira no Brasil ⁵.

O Ministério da Agricultura instituiu, por meio do Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite (PNMQL), normas voltadas à produção leiteira no Brasil com a criação da Instrução Normativa nº 51/2002 (IN 51/2002). A IN 51 permaneceu em vigor até 2011 ⁶, e foi substituída pela IN 62, em vigor até hoje ⁴. Essas normas regulamentaram aspectos relacionados à produção, industrialização e qualidade do leite no país ⁶.

A cadeia produtiva do leite e seus derivados representam um setor de expressiva importância econômica e social para o Brasil. Atualmente, o país ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção leiteira, com volume anual superior a 34 bilhões de litros, abrangendo em torno de 98% dos municípios brasileiros. Essa atividade caracteriza-se pela predominância de pequenas e médias propriedades

rurais ⁷. No primeiro trimestre de 2025, a produção de leite cru foi de 6,48 bilhões de litros. Esse volume de leite representa um aumento de 3,1% em relação ao volume coletado no mesmo período de 2024 ⁸.

O Estado do Mato Grosso do Sul é um Estado que cresce com a agricultura e a pecuária de corte, mas também é um estado produtor de leite. Atualmente, o Estado tem 12 mil produtores de leite, aproximadamente, que fornecem mais de 90% do leite para as indústrias do Mato Grosso do Sul e parte para o Estado do Paraná e o Estado de São Paulo. O MS apresenta três polos de produção de leite, localizados nas regiões Leste, Central e Sul, com 30 municípios representando mais de 68% da produção do Estado. Em Dourados, existem duas usinas que se destacam na produção de leite pasteurizado, um deles é o laticínio Camby e o outro é o laticínio Agropecuária Missões. A atividade leiteira em Dourados envolve tanto pequenos quanto médios produtores, sendo que muitos deles adotam práticas de agricultura familiar, o que fortalece o setor rural local.

1.2. Definição e características do leite bovino

O leite pode ser definido sob diversos aspectos: o biológico, o legal e o químico. Para Ordóñez (2005), “biologicamente o leite é a secreção produzida nas glândulas mamárias das fêmeas mamíferas para servir de alimento aos seus filhotes recém nascidos” ⁹. No que diz respeito ao aspecto legal, a Instrução Normativa nº62 de 2011, do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA), “entende-se por leite, o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas” ¹⁰.

O leite, do ponto de vista químico, “é uma mistura homogênea de lactose, gorduras, proteínas, sais minerais, vitaminas e enzimas. Algumas dessas substâncias formam uma emulsão, como as gorduras e algumas formam uma suspensão em estado coloidal, como as caseínas ligadas aos sais minerais. Em fase aquosa estão: a lactose, as vitaminas hidrossolúveis, as proteínas do soro e os sais” ¹¹.

O leite é considerado um alimento completo do ponto de vista nutricional, apresentando em sua composição: 87 a 87,3% de água; 3,3 a 3,5% de proteínas; 3,5

a 4,0% de gorduras; 4,5 a 4,8% de carboidratos, principalmente lactose; 0,6 a 0,8% de sais minerais e 0,2 a 0,4% de vitaminas ¹². Os principais íons presentes no leite são: íons fosfatos, citratos, potássio, cálcio, sódio e magnésio, e em quantidades menores estão presentes os íons cobre, ferro, manganês, zinco, entre outros ³.

Os tratamentos de conservação do leite mais utilizados são os processos de pasteurização e o tratamento térmico UHT (Ultra High Temperature) ¹².

1.3. Classificação do leite

A Instrução Normativa nº62/2011, do Ministério da Agricultura, regulamenta a classificação do leite no Brasil. De acordo com essa norma, são definidos os requisitos de qualidade que o produto deve apresentar para ser classificado como leite cru refrigerado, leite pasteurizado e leite tipo A ¹³.

- **Leite cru refrigerado:** o produto deve ser refrigerado e transportado em carro-tanque isotérmico, da propriedade rural até um posto de refrigeração de leite ou estabelecimento industrial devidamente habilitado para o processamento. Quando a origem não for bovina, a espécie deve ser obrigatoriamente identificada. Conforme a IN nº62/2011, a temperatura máxima permitida para a coleta do leite é de 7 °C, valor que pode ser alcançado por meio do uso de tanques de refrigeração ¹³.

A recepção do leite em latão é permitida até duas horas após o término da ordenha. Pequenos produtores podem destinar o leite às indústrias em conformidades com a IN nº62/2011, desde que utilizem os chamados “Tanques Comunitários”. A legislação estabelece que a temperatura máxima de conservação do leite deve ser de 7 °C na propriedade rural ou em tanque comunitário, e de 10 °C no estabelecimento processador ¹³. É importante ressaltar que o leite cru refrigerado não deve ser consumido diretamente, pois se destina ao processamento industrial, como a pasteurização, a fim de assegurar a qualidade do produto final.

- **Leite pasteurizado:** o leite pasteurizado é aquele que passa por tratamento térmico rápido, sendo aquecido a 72 – 75 °C por 15 s a 20 s, em equipamento de pasteurização. Em seguida, o produto é submetido a refrigeração imediata até atingir a temperatura igual ou inferior a 4 °C ¹³. O processo térmico de pasteurização é utilizado para eliminar microrganismos patogênicos e reduzir a carga microbiana total

presente no leite, sem alterar de forma significativa suas propriedades nutricionais e sensoriais ⁹. A IN nº62/2011 estabelece a classificação do leite pasteurizado conforme o teor de gordura presente em sua composição, sendo dividido em: leite pasteurizado integral, leite pasteurizado semidesnatado e leite pasteurizado desnatado ¹³.

- **Leite pasteurizado tipo A:** leite produzido, beneficiado (pasteurizado) e envasado em um estabelecimento denominado de granja leiteira. De acordo com o seu teor de gordura recebe a classificação: leite pasteurizado tipo A integral, leite pasteurizado tipo A semidesnatado e leite pasteurizado tipo A desnatado ¹³.

O leite longa vida (UHT) de acordo com o Art. 256 do RIISPOA (Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal), “entende-se por processo de UHT, o tratamento térmico aplicado ao leite a uma temperatura entre 130 °C a 150 °C, pelo período de dois a quatro segundos, mediante processo de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a temperatura inferior a 32 °C e envasado sob condições assépticas em embalagens esterilizadas e hermeticamente fechadas” ¹⁴.

Dessa forma, observa-se que tanto o leite pasteurizado quanto o leite UHT passam por processos controlados que visam assegurar a qualidade do leite. Esses tratamentos térmicos integram etapas essenciais da cadeia produtiva, refletindo o avanço tecnológico aplicado à industrialização do leite.

1.4. Processamento industrial do leite

O processamento do leite em escala industrial envolve a aplicação de diversas operações unitárias, fundamentais para garantir a qualidade, segurança e conservação dos produtos finais. Essas operações são conduzidas de forma sequencial e sistematizada, utilizando equipamentos específicos e tecnologias adequadas a cada etapa do processo ¹⁵.

A principal operação unitária envolvida no processo é a troca de calor, realizada em trocadores de calor. Essa etapa depende de dois sistemas auxiliares: o fornecimento de água quente, utilizada para aquecer o leite até a temperatura de pasteurização, e o fornecimento de água gelada, empregado para o resfriamento antes do armazenamento sob refrigeração. Além disso, o processo inclui outras operações unitárias relevantes, como o transporte do leite cru até o trocador de calor

e posteriormente para o tanque de armazenamento intermediário antes do envase, bem como a clarificação, destinada à remoção de impurezas da matéria-prima por meio da centrifugação, conforme ilustrado na Figura 1 ¹⁶.

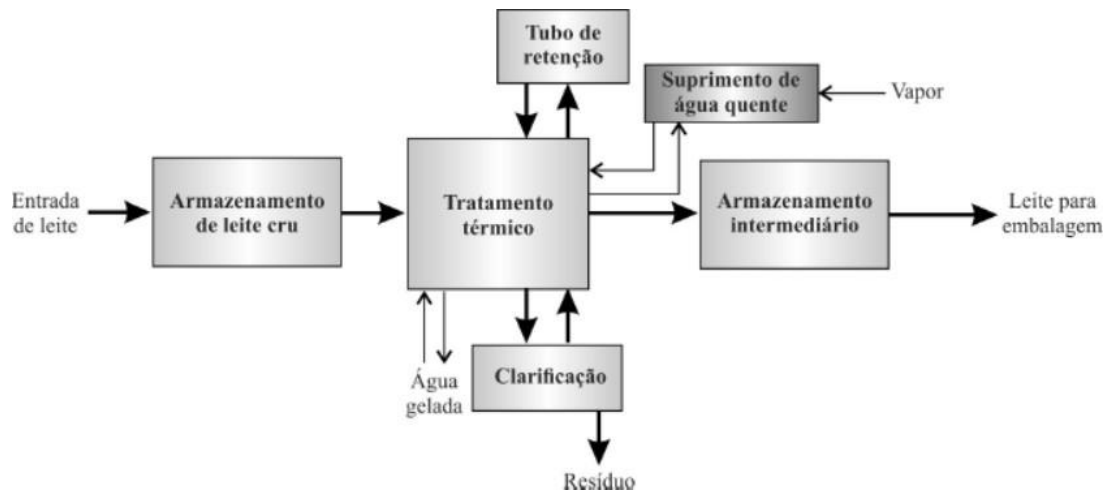


Figura 1: Diagrama de processo representando a pasteurização de leite integral.

Fonte: 16

A pasteurização é uma operação unitária na qual são utilizados trocadores de calor do tipo placas, como observado na Figura 2. Esse trocador proporciona uma transferência de calor entre fluidos com temperaturas diferentes que circulam por canais formados entre as placas colocadas lado a lado, proporcionando uma troca térmica ¹⁵.



Figura 2: Trocador de calor de placas.

Fonte: <https://www.dantherm.com.br/>

O pasteurizador industrial apresentado na Figura 3, utiliza o princípio de um trocador de calor de placas para assegurar o aquecimento controlado do leite ¹⁵, garantindo a inativação de microrganismos patogênicos, sem comprometer as propriedades nutricionais e sensoriais do produto final.

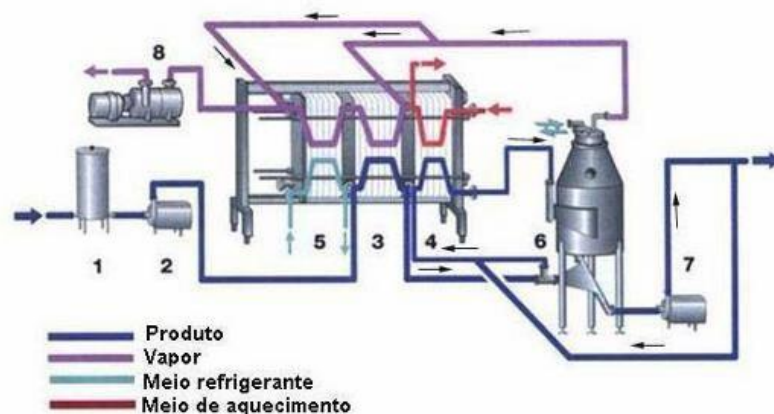


Figura 3: Fluxograma de um pasteurizador de leite.

Fonte: 15

Conforme ilustrado na Figura 3, o pasteurizador de leite é dividido em três seções: 3, 4 e 5. Na seção 3 ocorre o pré-aquecimento do leite cru, aproveitando o calor retirado do leite pasteurizado que vem da seção 4. Nessa etapa, o leite é submetido a temperaturas entre 72 e 75 °C, durante um intervalo de 15 s a 20 s. O processo de aquecimento pode ser realizado por meio de vapor superaquecido, como fonte de calor ¹⁵.

Após o aquecimento, o leite retorna ao pasteurizador para que a sua temperatura seja reduzida a 4 °C, condição necessária para o armazenamento ou o envase. Na seção 3, ocorre a transferência de calor do leite aquecido para o leite cru, caracterizando um processo de reaproveitamento de energia. Já na seção 5, o resfriamento é realizado por meio de placas que colocam o leite em contato indireto com a água a cerca de 0 °C, assegurando que o produto atinja a temperatura final adequada ¹⁵.

O controle das etapas que compõem o processamento industrial do leite é fundamental para garantir a qualidade e a segurança do produto final. No entanto, com a aplicação de boas práticas de fabricação e sistemas de inspeção, o leite ainda é alvo de fraudes, que comprometem suas características físico-químicas e nutricionais.

1.5. Fraudes em leite

As fraudes em alimentos consistem em alterações realizadas de forma intencional, com o objetivo de aumentar os lucros, mascarando os alimentos, atribuindo-lhes características que não possuem ¹⁷.

Inicialmente, as adulterações do leite tinham como objetivo o aumento do volume produzido, por meio da adição de água, ou ainda do desnate para a obtenção de creme de leite. Com o tempo, passaram a surgir novas adulterações, como a adição de soro de queijo, substâncias conservantes (peróxido de hidrogênio), substâncias neutralizantes (hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio) e substâncias adicionadas ao leite para restaurar os parâmetros de densidade e ponto de congelamento, como sal, açúcar e amido ¹⁸.

As principais preocupações em relação à qualidade físico-química do leite estão ligadas ao seu estado de conservação, à eficácia do tratamento térmico aplicado

e à manutenção de sua integridade, especialmente no que se refere à adição ou retirada de substâncias, já presentes no leite ou estranhas à sua composição. A fraude pode ocorrer, por exemplo, pela adição de água, que altera o índice de crioscopia, ou pela incorporação de outras substâncias capazes de modificar parâmetros físico-químicos importantes, como a densidade, acidez e o teor de sólidos ¹⁶.

Para identificar possíveis fraudes, os técnicos recorrem à avaliação de diversos parâmetros que permitem verificar a qualidade do leite. Entre os testes aplicados, estão o teste qualitativo do alizarol, realizado na plataforma de laticínios para verificar o pH do leite, e a determinação da acidez pelo método Dornic, conduzida em laboratório. Também pode ser efetuada a análise de densidade para verificar indícios de desnatação ou adulteração por adição de água ¹⁷.

Outra fraude comum consiste na mistura de leites de diferentes espécies, como a combinação de leite de cabra com leite de vaca. Essa prática gera prejuízos econômicos e representa riscos à saúde de consumidores alérgicos ao leite de origem bovina. A produção de leite de cabra e de ovelha apresenta variações ao longo do ano, conhecidas como flutuações sazonais, como o período de lactação dos animais e as condições climáticas. Além disso, esses tipos de leite possuem um custo mais elevado em comparação ao leite bovino, o que incentiva sua adulteração com o leite de maior disponibilidade e menor preço ¹⁷.

Em 2007, a operação “Ouro branco” envolveu a Polícia Federal, que flagrou duas cooperativas de laticínios em Minas Gerais acusadas de adulterar o leite longa vida (UHT) integral. Segundo as investigações, os estabelecimentos adicionavam soro de leite, peróxido de hidrogênio e hidróxido de sódio. O caso gerou grande repercussão na mídia e evidenciou a necessidade de fiscalização rigorosa e de métodos de controle de qualidade mais eficazes em laticínios, tanto para proteger a saúde dos consumidores quanto para garantir a confiabilidade do setor lácteo ¹⁸.

Além disso, a operação ressaltou a importância da atuação conjunta entre autoridades policiais e órgãos sanitários, visando coibir práticas ilegais e punir os responsáveis por adulterações.

Uma fraude ocorreu na China, em 2008, com a adição de melamina em amostras de leite. Essa adulteração resultou em cerca de 300.000 bebês e crianças contaminadas com melamina, provocando cálculos renais e complicações no trato urinário, com seis mortes confirmadas. A melamina foi adicionada ao leite cru, com o objetivo de aumentar o teor proteico. Os níveis encontrados de melamina eram

elevados, levando ao recolhimento de toneladas de leite em pó e à constatação de que 22 fabricantes estavam envolvidos. O episódio configurou em uma grave crise de saúde pública internacional, expondo vulnerabilidades nos sistemas de controle de qualidade e vigilância sanitária dos alimentos e evidenciando os riscos globais associados à adulteração intencional de alimentos ¹⁸.

A melamina é um composto orgânico pertencente à classe das triazinas, caracterizado por apresentar aproximadamente 66,6% de nitrogênio em sua composição. Essa substância tem sido, de forma ilícita, adicionada a produtos alimentícios, como leites e rações animais, com o propósito de mascarar resultados em análises de qualidade, simulando um teor proteico superior ao real. Embora a melamina, isoladamente, não apresente toxicidade significativa, sua presença no organismo pode resultar na formação de cristais insolúveis nos rins, ocasionando distúrbios renais, como cálculos e insuficiência renal ¹⁹.

No início de 2013, o Ministério Público do Rio Grande do Sul iniciou a “Operação leite compensado”, com o objetivo de coibir a fraude em leite cru praticada por um grupo de transportadores da região. As investigações identificaram a adição de água e ureia ao leite ¹⁸.

Nos anos seguintes, outras operações foram realizadas para combater fraudes no leite em diferentes estados. Em 2014, foram deflagradas a “Operação leite adulterado” I e II, no estado de Santa Catarina, e a “Operação leite adulterado” III, envolvendo Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Essas ações tiveram como objetivo investigar e punir os responsáveis por adulterações em leite cru, evidenciando a persistência desse tipo de fraude na cadeia produtiva ¹⁸.

Em dezembro de 2024, o Ministério Público do Rio Grande do Sul investigou a adulteração de leite industrializado, identificando o uso de códigos como “vitamina” e “receita” para ocultar a adição de substâncias químicas, como soda cáustica e água oxigenada, com o objetivo de mascarar a má qualidade e prolongar a validade do produto. A soda cáustica era utilizada para ajustar o pH e reduzir a acidez, enquanto a água oxigenada tinha a função de eliminar microrganismos ²⁰.

Cinco pessoas foram presas durante a operação, incluindo um químico industrial contratado para assessorar na adulteração. Um caderno com anotações detalhando fórmulas químicas e procedimentos ilegais foi apreendido. A investigação levou ao fechamento temporário das instalações e à suspensão da comercialização dos produtos pelos mercados até a conclusão das análises laboratoriais ²⁰.

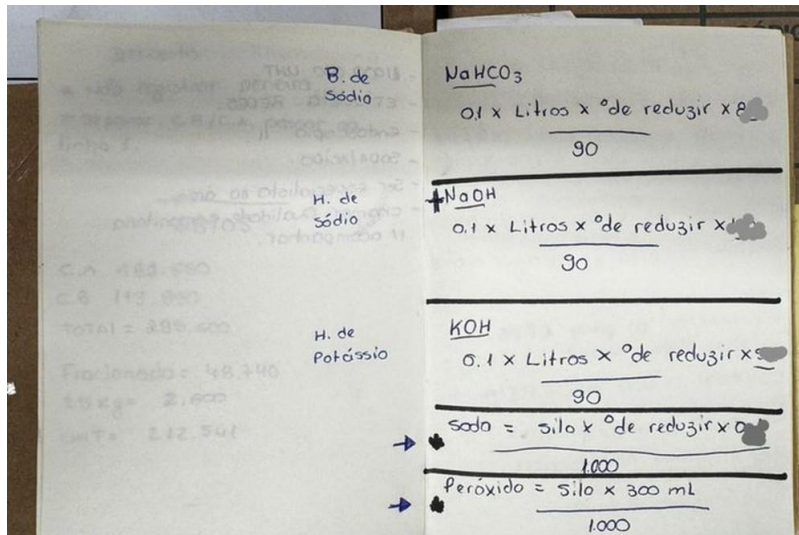


Figura 4: Caderno com anotações que seriam de adulteração dada da fórmula do leite.

Fonte: 20

Portanto, análises químicas qualitativas e quantitativas do leite são fundamentais para avaliar seu estado de conservação e também para identificar possíveis fraudes, contribuindo para que o leite que é transportado para o laticínio seja beneficiado de forma adequada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade do leite, por meio de análises físico-químicas, tendo em vista a verificação do seu estado de conservação, bem como a obtenção de conhecimentos que possam embasar o aperfeiçoamento de testes qualitativos para o controle de qualidade no setor lácteo.

2.2. Objetivos específicos

- Investigar a presença de contaminantes químicos no leite;
- Determinar o pH do leite e sua acidez através da titulação com solução de hidróxido de sódio, usada para monitorar fermentações ou deteriorações;
- Análise qualitativa do leite;
- Verificar a densidade do leite;
- Comparar os resultados das análises físico-químicas.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram utilizadas amostras de leite de dois laticínios que se destacam na produção de leite pasteurizado, em Dourados. Essas amostras foram compradas no comércio local e foram mantidas sob refrigeração a uma temperatura de 7 °C.

O procedimento experimental de determinação do pH, da acidez, e da densidade foi empregado conforme os métodos oficiais para a análise de alimentos de origem animal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e estão descritos abaixo ¹³.

3.1. Determinação da densidade do leite

Empregou-se o lactodensímetro, como visto na Figura 6, para a determinação da densidade do leite. O leite foi transferido lentamente para uma proveta de 250 mL, tendo-se o cuidado de fazê-lo escorrer ao longo da parede da proveta, para evitar a formação de espuma. Em seguida, o lactodensímetro foi transferido para a proveta contendo o leite, de modo que flutuasse livremente à altura da borda superior, sem encostar na parede dessa vidraria ²¹.

A leitura foi realizada na altura do nível do leite, e anotou-se o algarismo correspondente à superfície do líquido e também a sua temperatura, a fim de se efetuar a devida correção do valor da densidade, utilizando a Tabela apresentada na Figura abaixo ²¹.

CORREÇÃO DA TEMPERATURA DA DENSIDADE
Tabela para a correção do termolactodensímetro

DENSIDADE																
Tempe- ratura	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
10	19,3	20,3	21,3	22,3	23,3	24,2	25,2	26,2	27,1	28,1	29,0	30,0	31,0	32,0	32,9	33,8
11	19,4	20,4	21,4	22,4	23,4	24,3	25,3	26,3	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,1	34,0
12	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	25,5	26,5	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,3	34,2
13	19,6	20,6	21,6	22,6	23,6	24,6	25,6	26,6	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,5	34,4
14	19,8	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,7
15	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0
16	20,1	21,1	22,2	23,2	24,2	25,2	26,2	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2
17	20,3	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4
18	20,5	21,6	22,6	23,6	24,6	25,6	26,6	27,6	28,6	29,6	30,6	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
19	20,7	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,9	27,9	28,9	29,9	30,9	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0
20	20,9	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,1	28,2	29,2	30,2	31,2	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3
21	21,1	22,2	23,2	24,2	25,2	26,2	27,3	28,4	29,4	30,4	31,4	32,5	33,6	34,6	35,6	36,6
22	21,3	22,4	23,4	24,4	25,4	26,4	27,5	28,6	29,6	30,6	31,6	32,7	33,8	34,9	35,9	36,9
23	21,5	22,6	23,6	24,6	25,6	26,6	27,7	28,8	29,9	30,9	31,9	33,0	34,1	35,2	36,2	37,2
24	21,7	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,9	29,0	30,1	31,2	32,2	33,3	34,4	35,5	36,5	37,5
25	21,9	23,0	24,1	25,1	26,1	27,1	28,2	29,3	30,4	31,5	32,5	33,6	34,7	35,8	36,8	37,8
26	22,1	23,2	24,3	25,3	26,3	27,3	28,4	29,5	30,6	31,7	32,7	33,8	34,9	36,0	37,1	38,1
27	22,3	23,4	24,5	25,5	26,5	27,5	28,6	29,7	30,8	31,9	33,0	34,1	35,2	36,3	37,4	38,4
28	22,5	23,6	24,7	25,7	26,7	27,7	28,9	30,0	31,1	32,2	33,3	34,4	35,5	36,6	37,7	38,7
29	22,7	23,8	24,9	26,0	27,0	28,0	29,2	30,3	31,4	32,5	33,6	34,7	35,8	36,9	38,0	39,1
30	23,0	24,1	25,2	26,3	27,3	28,3	29,5	30,6	31,7	32,8	33,9	35,1	36,2	37,3	38,4	39,5

TECNOLOGIA DO LEITE

Figura 5: Tabela para a correção do termolactodensímetro.

Fonte: 21.



Figura 6: Lactodensímetro

Fonte: Autora

3.2. Determinação da acidez do leite pelo método Dornic

Transferiram-se 10 mL da amostra para um erlenmeyer, adicionando-se 5 gotas de solução de fenolftaleína, como indicador. Posteriormente, a bureta graduada do aparelho Dornic (Figura 7) foi preenchida com a solução de NaOH ($0,09084 \text{ mol L}^{-1}$). Com a torneira aberta, a solução foi adicionada gota a gota, sob constante agitação, até que a solução apresentasse um tom ligeiramente róseo, indicando o ponto final da titulação ²¹. Foram realizadas medidas em triplicata.

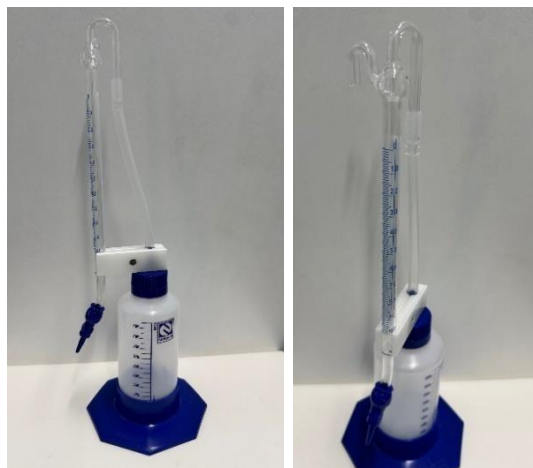


Figura 7: Aparelho Dornic

Fonte: <https://www.lojaroster.com.br>

3.3. Medida de pH

O pHmetro foi calibrado utilizando-se soluções tampão de pH 4 e 7. Em seguida, procedeu-se à medição do pH das amostras. Foram realizadas medidas em triplicata.



Figura 8: pHmetro de bancada

Fonte: <https://loja.impac.com.br>

3.4. Análises químicas qualitativas

Foram efetuadas separadamente duas análises qualitativas para verificar fraudes em leite. Um dos testes foi realizado para detectar a adulteração do leite com a adição de NaOH e outro teste qualitativo foi usado para identificar a presença de amido no leite. Em cada análise qualitativa participaram alunos de graduação e pós-graduação dos cursos de química e biotecnologia, os quais formaram o grupo dos avaliadores. Os avaliadores não sabiam se haviam amostras adulteradas intencionalmente ou não.

3.4.1. Análise química qualitativa do pH do leite com solução de alizarol

Foram preparadas 10 amostras fraudadas contendo cada uma: 5 gotas de leite + 0,2 mL de NaOH 0,1 % m v⁻¹), para serem entregues aos 10 avaliadores. É recomendado que o teste do alizarol em leite sempre deva ser efetuado na proporção do mesmo volume do leite para o mesmo volume de solução de alizarol (1:1 v/v) adicionada. Portanto, utilizando-se 5 gotas de leite, os avaliadores foram instruídos a adicionarem 5 gotas ou mais de solução indicadora, para observarem as diferentes cores do alizarol em diferentes faixas de pH.

Além da amostra fraudada, os avaliadores receberam mais dois tubinhos de ensaio com leite puro, preenchidos com um volume idêntico ao do tubinho da amostra fraudada. O fornecimento de 3 tubinhos de ensaio contendo o mesmo volume foi necessário para que os avaliadores não percebessem a diferença entre as três amostras, antes da adição da solução indicadora.

Nesta análise qualitativa, 10 avaliadores fizeram o teste individualmente. Cada um recebeu as 3 amostras codificadas com 3 algarismos. Como descrito acima, duas das amostras entregues a cada avaliador eram leite puro e em uma das amostras foi adicionada solução de NaOH (5 gotas de leite + 0,2 mL de NaOH 0,1 % m v⁻¹), conforme apresentado na figura abaixo.

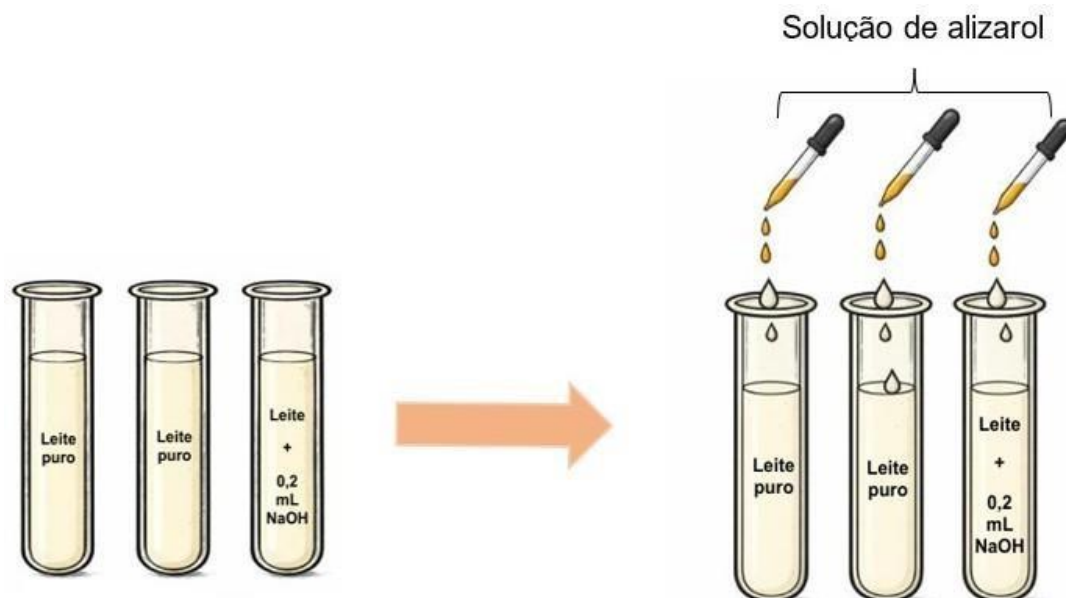


Figura 9: Análise química qualitativa do pH do leite com alizarol.

Fonte: Autora.

Os avaliadores foram orientados a adicionar cinco gotas da solução de alizarol (2% m v⁻¹) em cada uma das três amostras de leite recebida, agitar e observar a mudança de cor. Logo após, anotaram as cores observadas e classificaram cada amostra como negativa (leite puro), positiva (leite com NaOH) ou duvidosa em uma ficha elaborada para esse teste qualitativo, que está apresentada na Figura abaixo. Esse teste permitiu identificar as amostras de leite puro e as amostras que haviam sido intencionalmente fraudadas com a adição de NaOH.

Teste qualitativo para verificar a fraude por adição de soda cáustica (NaOH) em leite

Data: ____ / ____ / ____

Ensaio	Resultados esperados	Interpretação
Adicione 3 gotas de alizarol ao leite	Leite normal : cor vermelho tijolo Leite fraudado: violeta, lilás	Ausência de soda (negativo) Presença de soda confirmada (positivo)

Amostra nº: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

Amostra nº: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

Amostra nº: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

➡ Observação técnica: a fraude com NaOH é usada para evitar que o leite coagule, prolongando sua vida útil. O teste do alizarol confirma sua presença.

Figura 10: Ficha de avaliação para verificar fraude com NaOH em leite.

Fonte: Autora.

Os espectros de absorção da solução de alizarol em pH ácido, básico e neutro foram obtidos com a espectrofotometria de absorção molecular, na região do visível. Utilizou-se um espectrofotômetro de Absorção Molecular UV-Vis Cary, modelo 50 CONC (Varian) utilizando uma lâmpada de Tungstênio e uma cubeta de quartzo de caminho óptico de 1,0 cm.

3.4.2. Análise química qualitativa para identificação do amido

A princípio, volumes crescentes de solução de amido $0,1 \text{ \% m v}^{-1}$ foram adicionados ao leite, iniciando-se com volumes de $0,1 \text{ mL}$. Logo após, era adicionada solução de iodo nessas amostras fraudadas. Esses experimentos foram efetuados para saber o volume de solução de amido que seria perceptível visualmente pelos avaliadores, após a adição da solução de iodo ao leite fraudado. Além de diferentes volumes de solução de amido, diferentes concentrações ($1,0 \text{ \% m v}^{-1}$ e $0,5 \text{ \% m v}^{-1}$) da solução de amido também foram avaliadas, para fraudar o leite no teste com os avaliadores. O volume de solução de amido detectado com a adição da solução de iodo foi $1,0 \text{ mL}$.

A partir desses resultados iniciais relatados acima, foram preparadas 10 amostras fraudadas contendo cada uma: $5,0 \text{ mL}$ de leite + $1,0 \text{ mL}$ de solução de amido $0,1 \text{ \% m v}^{-1}$.

Além da amostra fraudada, os avaliadores receberam mais dois tubinhos de ensaio com $6,0 \text{ mL}$ de leite puro, sendo esse volume idêntico ao volume do tubinho da amostra fraudada. O fornecimento de 3 tubinhos de ensaio contendo o mesmo volume foi necessário para que os avaliadores não percebessem a diferença entre as três amostras, antes da adição da solução de iodo.

Cada avaliador recebeu 3 amostras codificadas com 3 algarismos. Duas das amostras eram leite puro e em uma terceira amostra de leite foi adicionada solução de amido ($5,0 \text{ mL}$ de leite + $1,0 \text{ mL}$ de solução de amido $0,1 \text{ \% m v}^{-1}$), conforme a Figura abaixo.

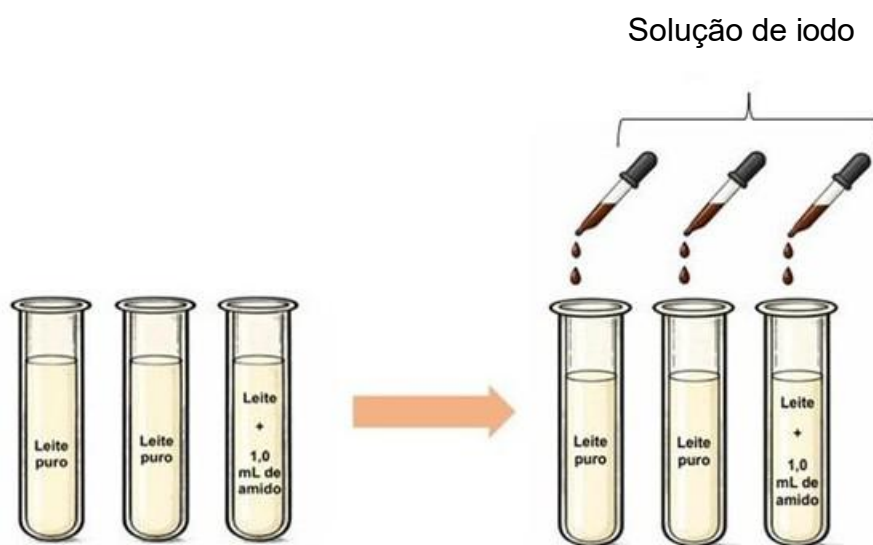


Figura 11: Análise química qualitativa da presença de amido em leite, com solução de iodo.

Fonte: Autora.

Os avaliadores foram orientados a adicionar cinco ou mais gotas da solução de iodo em cada uma das três amostras de leite recebida, agitar e observar a cor resultante. Logo após, anotaram as cores observadas em uma ficha para este teste, que está apresentada na Figura abaixo. Foi reforçado aos avaliadores que se o leite apresentasse coloração amarelada ou marrom seria devido ao próprio iodo. Se no leite houvesse amido seria observada uma tonalidade azul-arroxeadada clara. Após isso, cada avaliador deveria classificar as amostras como negativa (leite puro), positiva (leite com amido) ou duvidosa.

Teste qualitativo para verificar a fraude por amido em leite

Data: ____ / ____ / ____

Ensaio	Resultados esperados	Interpretação
Adicione gotas de iodo ao leite	Leite normal : amarelo ou marrom claro	Ausência de amido (negativo)
	Leite fraudado: azul claro-arroxeadado	Presença de amido confirmada (positivo)

Amostra n°: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

Amostra n°: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

Amostra n°: _____

Resultado observado: _____

() Negativo () Positivo () Duvidoso

➡ Observação técnica: a fraude com amido irá mascarar a diluição do leite. O teste do iodo confirma sua presença.

Figura 12: Ficha de avaliação para verificar fraude em leite com amido.

Fonte: Autora

Os espectros de absorção da solução de iodo e da solução de iodo com amido foram obtidos com o espectrofotômetro de Absorção Molecular, na região do visível.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar parâmetros físico-químicos do leite proveniente de dois laticínios distintos. As análises físico-químicas compreenderam a medida de pH, a determinação da acidez em °Dornic, e a densidade. Os resultados obtidos foram comparados entre os diferentes laticínios, de forma a verificar a conformidade das amostras com a legislação vigente.

4.1. Análises físico-químicas

Na tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas. As amostras 1 e 2 são amostras de leite pasteurizado de diferentes produtores e as outras duas amostras são leite pasteurizado tipo A, adquiridas no comércio de Dourados.

Tabela 1: Análises físico-químicas das amostras de leite.

Amostras*	Acidez (°Dornic)	Densidade (g mL⁻¹)	pH
Leite pasteurizado 1	17 ± 0,06	1,031 ± 0	6,20 ± 0,01
Leite pasteurizado 2	16 ± 0,06	1,031 ± 0	6,72 ± 0,01
Tipo A integral	18 ± 0,06	1,032 ± 0	6,72 ± 0
Tipo A desnatado	19 ± 0,06	1,037 ± 0	6,74 ± 0,03

* todas as amostras são leites pasteurizados.

média ± desvio-padrão (n=3)

A determinação da densidade das amostras de leite foi efetuada com um lactodensímetro, onde se podia fazer a leitura direta da densidade e da temperatura do leite. Após essa leitura, foi necessária a correção da densidade em função da temperatura do leite, usando a Tabela da Figura 5. Esse procedimento está descrito abaixo.

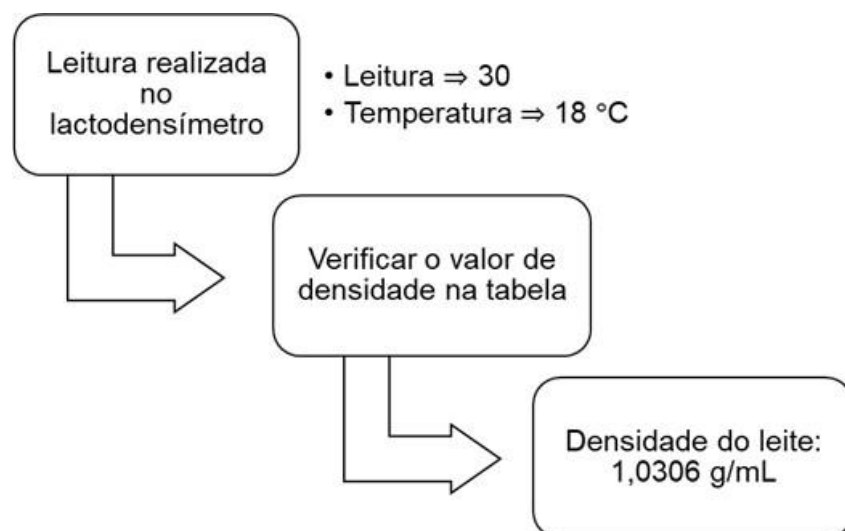


Figura 13: Determinação da densidade do leite.

Fonte: Autora.

A determinação da densidade do leite é umas das análises físico-químicas mais utilizadas na avaliação da qualidade do leite, sendo capaz de indicar possíveis fraudes. O leite apresenta uma densidade relativa entre 1,028 a 1,034 g mL⁻¹, conforme a IN 62¹⁰, faixa estabelecida como referência para leite bovino. Qualquer desvio significativo desses valores pode refletir alterações na composição do leite, especialmente relacionadas ao teor de água e gordura¹⁸.

Na Tabela 1, observa-se que os valores de densidade das quatro amostras de leite pasteurizados variaram entre 1,031 a 1,037 g mL⁻¹, valores compatíveis com um leite sem adulterações, indicando ausência de diluição por água ou por desnate. A adição por água, por exemplo, reduz a densidade, uma vez que diminui a concentração de sólidos totais. Portanto, amostras que apresentam densidade abaixo do valor mínimo esperado tendem a indicar diluição proposital, uma prática comum para aumentar o volume de leite produzido¹⁸.

Observa-se que apenas uma das amostras apresentou valor de densidade ligeiramente acima da faixa de referência. Esse valor maior pode ser explicado pelo fato da amostra corresponder ao leite desnatado, no qual ocorre a retirada parcial da gordura. Como a gordura apresenta densidade inferior à da água, sua remoção tende a aumentar levemente a densidade do leite. Dessa forma, o valor mais elevado

observado não indica fraude, mas sim uma característica intrínseca do leite desnatado¹⁸.

Valores de densidade maiores podem estar associados a adulterações como o desnate, realizado de forma fraudulenta ou a adição de substâncias sólidas, como o amido, que elevam a densidade do leite. Contudo, no presente estudo, o aumento observado em uma única amostra está relacionado ao tipo de leite analisado, não caracterizando adulteração¹⁸.

Além da densidade, também foi determinada a acidez e o pH das quatro amostras de leite.

O aumento da acidez do leite ocorre principalmente, devido à transformação da lactose em ácido láctico, resultante da atividade de microrganismos. Assim, valores elevados de acidez podem indicar contaminação microbiana, tornando o produto inadequado para o consumo. Dessa forma, a acidez torna-se um importante indicador das condições de higiene e de refrigeração mantidas desde o momento da ordenha até a chegada do leite ao consumidor.

A adição de soluções alcalinas ao leite configura uma fraude intencional, realizada com o objetivo de reduzir a acidez natural ou prolongar o tempo de conservação do produto. Essas substâncias são empregadas de forma ilícita como conservantes, mascarando o início do processo de deterioração. Além de soluções básicas, um dos reagentes mais utilizados é o peróxido de hidrogênio, que atua inibindo ou paralisando a atividade microbiana, evitando a produção de ácido láctico e mantendo o valor do pH do leite inalterado.

Em situações nas quais o leite apresenta elevada carga microbiana, é comum ocorrer a redução do pH e, consequentemente, o aumento da acidez titulável, expressa em graus Dornic. Valores fora dos limites estabelecidos podem levar à rejeição do leite, razão pela qual alguns produtores recorrem à adulteração com substâncias alcalinas para evitar a devolução do produto¹⁸.

“O leite, ao ser retirado do úbere, apresenta-se levemente ácido. Sua acidez natural varia de 16° a 20° Dornic, o que corresponde a aproximadamente 1,60 a 2,00 g de ácido láctico por litro”²¹. A IN 62 estabelece que a acidez titulável do leite pasteurizado deve situar-se entre 0,14 a 0,18 g de ácido láctico por 100 mL, equivalente ao intervalo de 14° a 18° Dornic¹⁰. Ao analisar os resultados apresentados na Tabela

1, observa-se que os valores de acidez variaram entre 17 e 19 °D, permanecendo dentro do intervalo considerado normal para o leite pasteurizado.

A legislação brasileira não estabelece limites específicos para o pH do leite cru, contudo, espera-se que o leite em condições normais apresente valores entre 6,4 e 6,9. Valores inferiores a esse intervalo indicam acidificação, normalmente associada a proliferação microbiana, enquanto valores acima de 6,9 sugerem alcalinização, que pode ocorrer em casos de mastite ou devido a fraudes envolvendo a adição de neutralizantes, como NaOH e NaHCO₃ ²¹.

Ao analisar os resultados obtidos na Tabela 1, observa-se que o pH das amostras variou de 6,20 a 6,74. A amostra 1 apresentou pH de 6,20, inferior ao limite esperado. Possivelmente, devido ao início de uma acidificação dessa amostra, porque a data de validade estava próxima, faltando dois dias para o vencimento desse leite. Além disso, no rótulo da embalagem está escrito “após aberto, consumir em até dois dias”. Portanto, as amostras de leite pasteurizado devem ser analisadas em até dois dias. As demais amostras apresentaram pH entre 6,72 e 6,74, valores compatíveis com o intervalo considerado normal para o leite pasteurizado.

4.2. Análises químicas qualitativas

Foram efetuadas duas análises qualitativas com os alunos como avaliadores. Um dos testes é usado para verificar a fraude por adição de NaOH ao leite. O outro teste qualitativo efetuado identifica a presença de amido utilizado para mascarar a adição de água ao leite. Nessas análises foi utilizado leite pasteurizado integral tipo A.

4.2.1. Análise química qualitativa do pH do leite com solução de alizarol

O indicador ácido-básico utilizado para verificar o pH do leite é a solução de alizarol. Esse indicador apresenta dois intervalos de pH de mudança de cor. Um intervalo em pH ácido: pH 5,5 – 6,8 (amarelo para vermelho) e o outro intervalo em pH alcalino: pH 10 – 12 (vermelho para violeta), como pode ser observado na Figura abaixo. O leite apresenta um pH entre 6,6 – 6,8. Portanto, ao adicionar alizarol ao leite, esse indicador permanecerá com a cor vermelho tijolo, indicativa de um leite com valor de pH adequado ao consumo.



Figura 14: Leite alcalino, leite ácido e leite normal

Fonte: Autora.

Além da função de indicador do pH do leite, a solução de alizarol também é usada para verificar a adulteração do leite com soda, para neutralizar a acidez do leite. Neste trabalho, alunos (avaliadores) foram instruídos a fazer esse teste qualitativo para verificar as dificuldades envolvidas na observação das três cores que a solução de alizarol pode adquirir na presença da amostra de leite, em diferentes valores de pH.

Os avaliadores receberam 3 amostras do mesmo leite para analisar. Duas amostras eram de leite puro. Porém, em uma das amostras de leite foi adicionada solução de NaOH. Eles observaram a coloração de cada amostra, após a adição da solução de alizarol. Amostras que apresentaram coloração rosa claro ou vermelho tijolo foram classificadas como negativas, indicando a ausência de NaOH. O leite que foi adulterado propositalmente com a adição de NaOH apresentou coloração violeta ou lilás, caracterizando resultado positivo para a presença de soda (Figura 15).

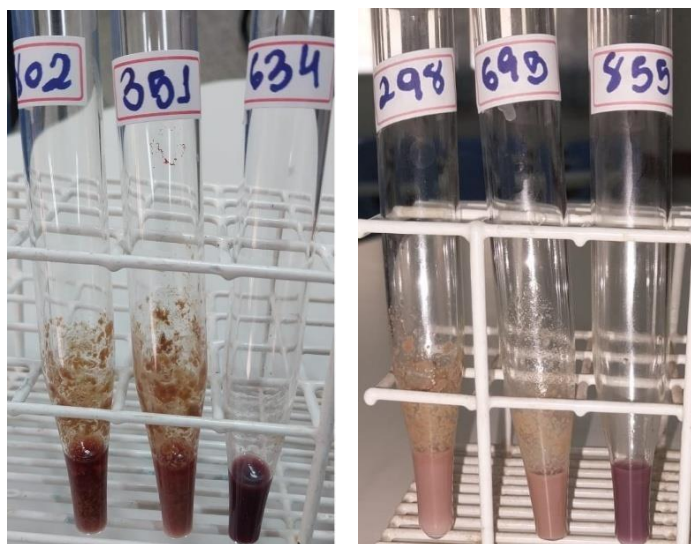


Figura 15: Amostras de leite após a análise.

Fonte: Autora.

Na Figura 16 estão apresentados os espectros de absorção da solução de alizarol na região de 380-800 nm, em diferentes valores de pH. Nos três espectros de absorção dessa solução de alizarol foram encontradas duas bandas em regiões

coincidentes. Uma banda foi observada em 380 nm a 440 nm e outra banda em 650 a 700 nm. A primeira banda apresentou um maior sinal de absorbância no comprimento de onda de 420 nm, para as três soluções. A segunda banda da solução de alizarol apresentou um sinal máximo de absorbância em 675 nm, também para as três soluções.

Porém, a primeira banda do espectro da solução de alizarol em meio ácido (cor amarela) apresentou uma intensidade muito maior de absorbância, quando comparada as bandas dos outros dois espectros.

Em meio básico, o espectro da solução de alizarol apresentou 3 bandas. A primeira banda e a terceira banda também aparecem no espectro do alizarol em pH neutro e ácido. Porém, a segunda banda é característica da solução de alizarol em pH alcalino com uma banda maior com sinal de absorbância máximo em 570 nm.

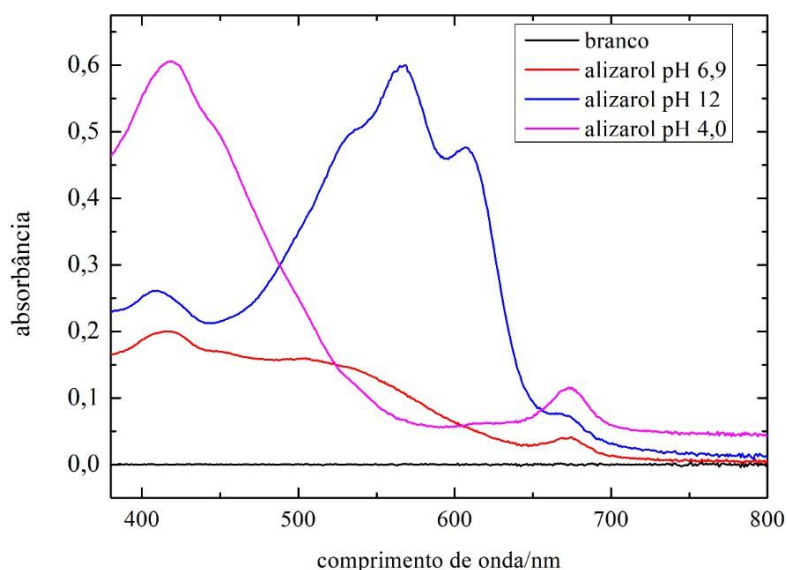
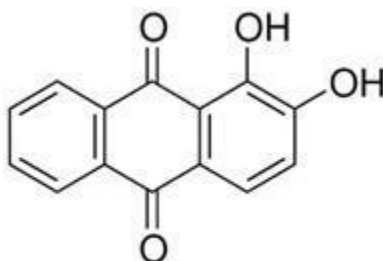


Figura 16: Espectros de absorção da solução de alizarol.

Fonte: Autora.

A alizarina (1,2 dihidroxiantraquinona) é uma molécula que possui duplas ligações conjugadas com transições eletrônicas π - π^* , representada na Figura 17. Com esses grupos cromóforos, essa molécula absorve luz na região do visível, como observado em seu espectro de absorção na Figura 16. Em pH ácido ($\text{pH} < 5$), a protonação das hidroxilas reduz a densidade eletrônica dos anéis, sendo observada



uma cor amarela da molécula. Em pH básico, ocorre a desprotonação, e a cor observada da molécula será violeta ²².

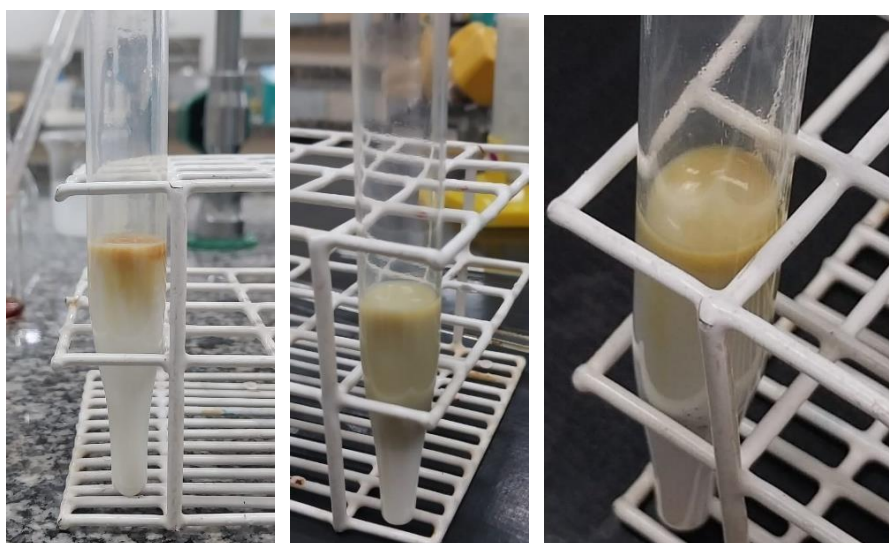
Figura 17: 1,2 dihidroxiantraquinona (alizarina)

Fonte: <https://www.sigmaaldrich.com>

4.2.2. Análise química qualitativa para identificação do amido

O amido pode ser usado para mascarar a diluição do leite aumentando sua densidade, e a solução de iodo permite identificar essa fraude de forma rápida e prática. Nesta análise química qualitativa, cada avaliador recebeu 3 amostras do mesmo leite para analisar. Duas amostras eram de leite puro. Porém, em uma das amostras de leite foi adicionada solução de amido.

Esse procedimento foi realizado por 8 avaliadores que registraram suas observações em uma ficha, após a adição da solução de iodo ao leite e classificaram cada uma das três amostras como negativa (leite puro), positiva (leite com amido) ou duvidosa.



O leite puro apresentou coloração amarela ou marrom clara, devido somente à presença da solução de iodo, como observado na Figura 18.

Figura 18: Leite puro com solução de iodo.

Fonte: Autora.

O leite adulterado com amido apresentou uma cor azul-arroxeadada clara, como apresentado na Figura 19, devido à reação de formação do complexo azul escuro entre o íon triiodeto e o amido.



Figura 19: Leite adulterado com amido.

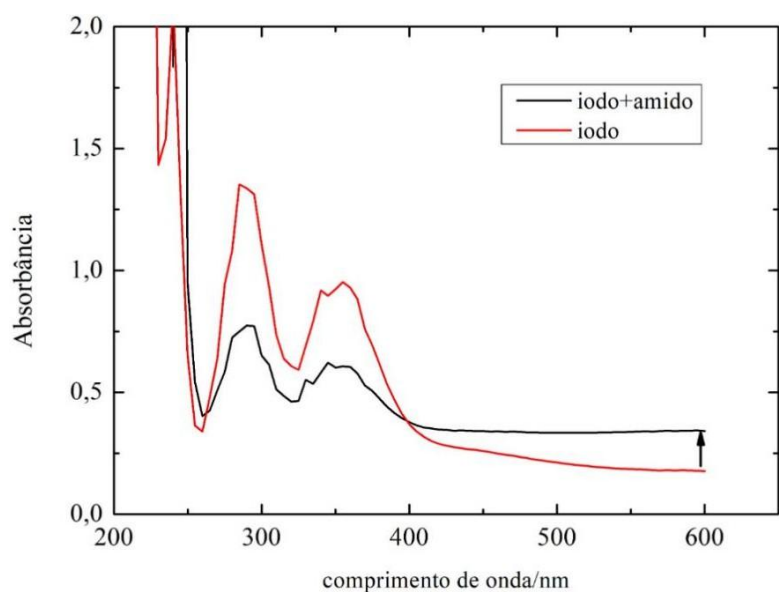
Fonte: Autora.

Neste teste qualitativo, observou-se uma diferença na interpretação dos avaliadores. Seis alunos identificaram as amostras que continham amido corretamente, reconhecendo a mudança da coloração para azul claro-arroxeadada. Entretanto, dois alunos classificaram como duvidoso o resultado das amostras de leite fraudadas. Provavelmente, a dúvida ocorreu porque após a adição da solução de amido no leite fraudado observaram uma cor esverdeada clara, como apresentada na Figura abaixo. Portanto, é necessário explicar que a presença de amido em leite pode ser confirmada com a observação da cor azul claro-arroxeadada ou também da cor esverdeada. Esta cor verde não é citada na literatura como resultado deste teste qualitativo.



Figura 20: Leite adulterado com amido, com solução de iodo esverdeada clara.

Fonte: Autora.



O espectro de absorção da solução de iodo pura e com amido está apresentado na Figura abaixo.

Figura 21: Espectro da solução de iodo.

Fonte: Autora.

Podem ser observadas duas bandas nos dois espectros. Uma banda na região entre 250 a 320 nm e outra banda entre 320 a 400 nm, características da solução de iodo.

O aumento da absorbância na faixa de comprimento de onda de 500 a 600 nm ocorre devido ao escurecimento da cor da solução de iodo, quando se complexa o íon triiodeto com a solução de amido, formando o complexo azul escuro.

As análises químicas qualitativas permitiram a identificação das amostras não adulteradas e também das amostras fraudadas com a adição de soda cáustica ou amido. Porém, realmente existe uma certa dificuldade de principiante para diferenciar as tonalidades da solução de alizarol no leite, assim como da coloração da solução de iodo em leite. Isto foi constatado, porque os avaliadores escreveram em suas fichas diferentes tonalidades observadas. Além disso, como o leite é uma emulsão branca torna-se mais difícil visualizar as mudanças de cores nesta amostra, após a adição de indicadores, como a solução de alizarol ou a solução de iodo. Portanto, o treinamento dos analistas é essencial.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que as amostras de leite apresentaram valores de densidade compatíveis com aqueles esperados para o leite bovino sem adulterações, indicando a ausência de diluição ou desnate. Da mesma forma, os valores de acidez e pH permaneceram dentro da faixa considerada normal para o leite pasteurizado, com exceção de uma amostra que apresentou acidificação. Esses dados reforçam a importância do controle adequado de temperatura e das condições de armazenamento, fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento microbiano, e consequentemente, a estabilidade do leite.

Além das análises físico-químicas, os testes qualitativos aplicados foram fundamentais para avaliar a autenticidade do leite e identificar possíveis fraudes. O teste do alizarol permitiu detectar amostras adulteradas com NaOH, evidenciando que esse método simples e rápido é capaz de identificar alterações de pH do leite decorrentes da adição de substâncias neutralizantes. Já o teste com solução de iodo mostrou-se eficiente para revelar a presença de amido, uma fraude frequentemente utilizada para mascarar a diluição do leite.

Assim, a partir das análises e dos dados obtidos, conclui-se que a aplicação rigorosa de métodos físico-químicos e qualitativos, são fundamentais para a verificação da autenticidade do leite e para a detecção de adulterações que comprometem sua integridade. A confiabilidade dos resultados obtidos confirma a relevância de técnicas analíticas validadas e metodologicamente consistentes no controle de qualidade do leite.

REFERÊNCIAS

1. LEITE, Z. T. C.; VAITSMAN, D. S.; DUTRA, P. B. **Leite e alguns de seus derivados – Da antiguidade à atualidade**. Química Nova, v. 29, n. 4, p. 876-880, 2006.
2. PASTEURIZAÇÃO E EMBALAGEM DE LEITE. Série Centros Comunitários de Produção. 1ª edição, Rio de Janeiro. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras, 2014.
3. ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos**. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005.
4. VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**. n. 1 – jan/fev/mar. 2017. p. 5-24.
5. VILELA, D. A história dos 491 anos de leite no Brasil: passado, presente e o futuro? p. 1-10, 2023. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154453/1/A-historia-dos-491-anos-do-leite-no-Brasil.pdf> Acesso em: 13 out. 2025
6. GRANATO, D.; NUNES, D. S. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas**: uma abordagem teórico-prática. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2016.
7. BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do leite: Políticas Públicas e Privadas para o leite**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/> . Acesso em: 09 set. 2025.
8. GAMA, E. No 1º trimestre de 2025, crescem os abates de bovinos, suínos e frangos. **AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS**. Disponível em:
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43358-no-1-trimestre-de-2025-crescem-os-abates-de-bovinos-suinos-e-frangos> . Acesso em: 09 set. 2025.
9. ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre, v. 2. Artmed, 2005.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa N° 62, de 29 de dezembro de 2011. Aprova Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, Leite

Cru Refrigerado, Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, seção 1, n. 251, p. 6, 30 dez. 2011.

11. SILVA, P. H. F. Leite. **Aspectos de Composição e Propriedades**. Química Nova na Escola. n. 6. 1997.

12. FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; SOUSA, E. P. **Princípios fundamentais da tecnologia e processamento de produtos lácteos**. Natal – RN: IFRN, 2023.

13. RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A. A.; DIAS, M. T.; ARONOVICH, M. **Qualidade do leite e derivados: Processos, processamento tecnológico e índices**. Niterói – RJ. Coordenadoria de Difusão de Tecnologia CDT/Pesagro - Rio, 2013.

14. BRASIL. Decreto N° 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei n° 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei n° 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.

15. SILVA, L. C. (Organização). **Capítulo 5 – Leite e Derivados: tecnologia, processamento e análises físico-químicas**. Apostila da disciplina Tecnologia de Produtos de Origem Animal I, Universidade Federal do Espírito Santo Espírito Santo - UFES, Centro de Ciências Agrárias; Departamento de Engenharia Rural, Vitória – ES, 2008.

16. GUT, J. A. W.; TADINI, C. C. Processamento térmico de alimentos. *In*: TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; FILHO, P. A. P. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. v. 1, cap. 13, Rio de Janeiro – RJ. LTC, 2016. p. 443 – 488.

17. MARTINS, M. F.; SANTOS, A. S. O.; MEURER, V. M.; FURTADO, M. A. M.; EGITO, A. S.; PINTO, I. S. B.; ARBEX, W. A.; SILVA, M. V. G. B. Leite de qualidade x Qualidade de vida. **Revista Girolando**. N° 88, jan/fev. 2013. p. 28 – 33. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/955862/1/MidiaFraudenoleitegirolando.pdf.pdf> . Acesso em: 14 set. 2025.

18. ABRANTES, M. R.; CAMPÊLO, C. S.; SILVA, J. B. A. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 2014. p. 244 – 251.

19. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Informe Técnico n° 38, de 26 de setembro 2008. Contaminação de fórmulas infantis, leite e derivados com melamina na China. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy_of_39de2009 . Acesso em: 14 out. 2025.
20. TRINDADE, Pedro. ‘Vitamina’ e ‘receita’: suspeitos de adulterar leite usavam códigos para despistar investigação, diz MP. **g1 RS**. Porto Alegre, 13 dez. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/12/13/vitamina-e-receita-suspeitos-de-adulterar-leite-usavam-codigos-para-despistar-investigacao-diz-mp.ghtml> . Acesso em: 14 out. 2025.
21. BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite**: produção – industrialização e análise. 15 ed. Nobel, 1987.
22. GAM, S.; KALITA, P.; GOGOI, B.; BORA, N. S.; ROY, S. A review on alizarin-added bio-based smart meat packaging sensors. **Master. Res. Express**. 12 (2025).