

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
MEDICINA VETERINÁRIA

**COMPARAÇÃO DE pH, DENSIDADE E TEOR DE SÓLIDOS
SOLÚVEIS DE LEITE FLUIDO CONVENCIONAL SEMIDESNATADO
E A2A2**

Iana Pavan Neiva Diniz

Orientador: Prof^a. MSc. Nástia Rosa Almeida Coelho

Goiânia - Goiás

2026



IANA PAVAN NEIVA DINIZ



**COMPARAÇÃO DE pH, DENSIDADE E TEOR DE SÓLIDOS
SOLÚVEIS DE LEITE FLUIDO CONVENCIONAL SEMIDESNATADO
E A2A2**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária, junto ao curso de Medicina Veterinária, da Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientador: Prof^a. MSc. Nástia Rosa Almeida Coelho

Goiânia - Goiás

2026

ANEXO 3

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 02/06/2026, às 14:00 horas, o(a) estudante IANA PAVAN NEIVA DINIZ, do curso de Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, expôs, em Sessão Pública de Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, o trabalho intitulado Comparação de pH, densidade e teor de sólidos solúveis de leite fluido convencional semidesnatado e A2A2

para a Banca de Avaliação composta pelos docentes, MSc. Nástia Rosa Almeida Coelho (Presidente), Dr. Julierme José de Oliveira (Membro 1) e MSc. Valéria Ribeiro Maitan (Membro 2). O trabalho da Banca de Avaliação foi conduzido pelo (a) docente Presidente que, inicialmente, após apresentar os docentes integrantes da Comissão, concedeu 20+5 minutos ao (a) aluno (a) para que este (a) expusesse o trabalho. Após a exposição, o (a) docente Presidente concedeu a palavra a cada membro convidado da Comissão para que estes arguissem o (a) aluno. Após o encerramento das arguições, a Banca de Avaliação, reunida isoladamente, avaliou o trabalho desenvolvido e o desempenho do (a) aluno na exposição, considerada a trajetória deste (a) no desenvolvimento do TCC.

Como resultado da avaliação, a Banca de Avaliação deliberou pela:

☒ Aprovação;

☐ Aprovação, condicionado às correções recomendadas pelos membros da banca; ☐ Reprovação.

Aprovação condicionada às correções recomendadas pelos membros da banca: A Banca de Avaliação conclui que o(a) aluno está APROVADO(A) condicionado às correções de forma e/ou conteúdo recomendados. As correções deverão ser indicadas no formulário de Avaliação Final de Trabalho de Conclusão de Curso. O(A) aluno terá o prazo de 10 dias para os ajustes e entrega da versão final ao professor (a) orientador (a), contado a partir da data da sessão de apresentação pública do TCC.

Reprovação.

A Banca de Avaliação conclui que o trabalho apresentado não satisfaz as condições mínimas e o estudante está REPROVADO(A).

A Banca Avaliadora:

Membro Presidente da Banca Avaliadora: Nádia Rosa Almeida Coelho

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Guilherme José Veloso

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Jalissa Roberto Martin

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor e apoio, sendo a base que tornou possível a realização desta jornada. Aos meus irmãos, por estarem presentes nessa etapa da minha vida. Ao meu companheiro de vida e agora também parceiro de profissão, por caminhar ao meu lado, compartilhar sonhos e deixar essa jornada mais leve e significativa. E a todos os animais que passaram pela minha vida, que despertaram em mim o amor, a curiosidade, a empatia e o respeito pela medicina veterinária, sendo fundamentais para que eu iniciasse e hoje pudesse concluir este ciclo tão importante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios e me guiar ao longo desta trajetória acadêmica. À minha família, pelo amor, apoio constante, incentivo e compreensão em todos os momentos, especialmente nos períodos de minha ausência. Em especial, agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram e foram minha base para alcançar esta conquista.

Agradeço aos meus amigos e colegas, pela amizade, companheirismo durante toda a graduação, tornando essa caminhada mais leve. À minha orientadora Prof^ª. MSc. Nástia Rosa Almeida Coelho, pela orientação, paciência, carinho, disponibilidade e valiosos ensinamentos para a realização deste trabalho. Aos docentes do curso de Medicina Veterinária da PUC-GO, pelos conhecimentos transmitidos ao longo da graduação, que contribuíram de forma essencial para minha formação acadêmica e pessoal. À instituição de ensino e a todos os colaboradores que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória e contribuíram para a concretização deste sonho.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram ao meu lado e colaboraram de alguma forma para que este momento se tornasse possível. Esta conquista é resultado não apenas do meu esforço, mas também da participação e do carinho de cada um de vocês.

RESUMO

O leite bovino, amplamente consumido no mundo, possui elevado valor nutricional, sendo composto por água, proteínas, lipídios, lactose e minerais. Entre suas proteínas, as caseínas correspondem a 80% do total, com destaque para a beta-caseína (β -CN), que apresenta diferentes variantes genéticas. As variantes mais comuns no Brasil são A1 e A2, que se diferem na posição 67 do aminoácido da cadeia proteica, histidina e prolina, respectivamente. Essa diferença estrutural tem implicações na digestão humana, pois a variante A1 está associada à liberação do peptídeo beta-casomorfina-7 durante o processo digestivo, ao contrário da variante A2, que apresenta menor propensão à geração desse composto. Em razão disso, o leite produzido por animais com genótipo exclusivamente A2A2, tem despertado crescente interesse científico, industrial e dos consumidores, sendo associado à melhor digestibilidade e à redução de desconfortos gastrointestinais. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar os parâmetros físico-químicos de pH, densidade e teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) entre o leite fluido UHT convencional semidesnatado e o A2A2, por meio de análises laboratoriais realizadas em três repetições para duas marcas comerciais distintas. Os resultados demonstraram que os valores de pH foram semelhantes para ambas as marcas. A densidade apresentou valores dentro dos padrões legais vigentes e igualmente uniformes entre os tipos de leite analisados. Já o Brix, apresentou diferença com valores superiores nas amostras A2A2 em comparação às convencionais. Esses resultados contribuem para a caracterização da qualidade e reforçam a necessidade de estudos mais aprofundados e de regulamentação específica para o leite A2A2 no Brasil.

Palavras-chave: beta-caseína; beta-casomorfina-7; parâmetros físico-químicos; controle de qualidade; polimorfismo; variantes; digestibilidade; alergia.

ABSTRACT

Bovine milk has high nutritional value and is widely consumed worldwide, consisting of water, proteins, lipids, lactose, and minerals. Among its proteins, caseins account for approximately 80% of the total, with particular emphasis on beta-casein (β -CN), which presents different genetic variants. The most common variants in Brazil are A1 and A2, which differ at position 67 of the amino acid chain, containing histidine and proline, respectively. This structural difference has implications for human digestion, as the A1 variant is associated with the release of the peptide beta-casomorphin-7 during the digestive process, whereas the A2 variant has a lower propensity to generate this compound. As a result, milk produced by animals with the exclusively A2A2 genotype has attracted increasing scientific, industrial, and consumer interest, as it has been associated with improved digestibility and reduced gastrointestinal discomfort. In this context, the present study aimed to compare the physicochemical parameters of pH, density, and soluble solids content ($^{\circ}$ Brix) between conventional semi-skimmed fluid milk and A2A2 milk through laboratory analyses performed in three replicates for two different commercial brands. The results showed that pH values were similar for both brands. Density values were within the current legal standards and were equally consistent among the milk types analyzed. Brix was the only parameter that showed a difference, with higher values observed in the A2A2 samples compared with the conventional samples. These findings contribute to the characterization of milk quality and reinforce the need for more in-depth studies and specific regulations for A2A2 milk in Brazil.

Keywords: beta-casein; beta-casomorphin-7; physicochemical parameters; quality control; polymorphism; variants; digestibility allergy.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°Brix – Graus Brix (unidade de medida de sólidos solúveis)

BCM-7 – Beta-casomorfina-7

DF – Distrito Federal

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)

FDA ORA – Food and Drug Administration – Office of Regulatory Affairs

IAL – Instituto Adolfo Lutz

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFNMG – Instituto Federal do Norte de Minas Gerais

IN – Instrução Normativa (usada para IN nº 76 e IN nº 77)

ISO/CASCO – International Organization for Standardization / Committee on Conformity Assessment

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MG – Minas Gerais

mL - Mililitros

MS – Mato Grosso do Sul

PUC – Pontifícia Universidade Católica

pH – Potencial Hidrogeniônico

RO – Rondônia

UFMG – Universidade Federal da Grande Dourados

UHT – Ultra High Temperature (processamento a ultra alta temperatura)

UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

β-CN – Beta-caseína

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – pHmetro digital microprocessado Analyser, modelo 350M	8
Figura 2 – Termolactodensímetro CAP-LAB 15 °C	9
Figura 3 – Refratômetro analógico (28 a 62 °Brix), modelo RHB62	11

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. LEITE	3
1.1 Leite A2A2	3
2. INDUSTRIALIZAÇÃO	4
3. QUALIDADE	5
3.1 Parâmetros físico-químicos	6
3.1.1 pH	6
3.1.2 Densidade	6
3.1.3 Teor de sólidos solúveis	7
MATERIAIS E MÉTODOS	9
pH	9
Densidade	10
Teor de sólidos solúveis	12
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	14
pH	14
Densidade	15
Teor de sólidos solúveis	16
CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

INTRODUÇÃO

O leite é um alimento de elevado índice nutricional, sendo fonte importante de proteínas de alto valor biológico, lipídios, vitaminas e minerais essenciais para a dieta humana (Pereira, 2019). A produção e o consumo de leite bovino representam relevância econômica e nutricional em escala global e com aumento contínuo da demanda por produtos lácteos em diferentes regiões do mundo (FAO, 2022). O leite e seus derivados têm sido uma fonte vital de energia para o homem desde os primórdios da humanidade. Contudo, são naturalmente perecíveis devido ao seu grande teor de umidade e são suscetíveis ao crescimento microbiano (Chetia *et al.*, 2023). O leite, por ter sua composição química com quantidades importantes de vitaminas, gorduras, proteínas e sais minerais, é considerado como um dos alimentos mais completos da natureza e de alto valor nutricional (Mello *et al.*, 2021).

O leite bovino é composto, sobretudo, por água, equivalendo aproximadamente 87% de sua composição, já os demais componentes suspensos correspondem aos sólidos totais, o que inclui proteínas, lipídios, lactose e minerais (Amalfitano *et al.*, 2024). Dos sólidos totais que compõem o leite, tem-se as proteínas que representam uma fração importante, tendo 80% das proteínas formadas pelas caseínas e 20% pelas proteínas do soro (globulinas e albuminas). As caseínas são determinadas de acordo com a estrutura orgânica em Alfa S1, Alfa S2, Beta e Kapa.

Atualmente, são conhecidas 13 variantes de polimorfismo da beta-caseína: A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I e G. Dessas, as mais comuns encontradas no leite bovino no Brasil são β -caseína A1 e/ou A2, que origina a nomeação de leite A1 e A2, respectivamente (Sousa, 2022). A diferença principal entre as variantes A2 (a variante ancestral) e A1 diz respeito à posição 67 do aminoácido da β -caseína (β -CN), que corresponde à prolina ou à histidina, respectivamente (Summer *et al.*, 2020). Essa mudança envolve a alteração da tecnofuncionalidade do leite, como a gelificação, a retenção de água e pode também ter implicações nos processos digestivos dos humanos. Pesquisas indicaram que a digestão da β -CN A1 pode levar a geração do peptídeo β -casomorfina-7, em contraponto à variante A2 que representa uma menor propensão à liberação desse composto (Daniloski *et al.*, 2022).

A composição do leite tem sido estudada há muitos anos e, recentemente, o leite A2A2 tem despertado atenção devido a alegações de que pode ter digestão mais fácil e causar menos desconforto gastrointestinal em comparação ao leite convencional. Nos últimos tempos, o leite contendo exclusivamente a variante A2 da β -caseína tem causado bastante

interesse entre produtor e consumidor, alavancando a expansão da produção de leite A2A2 em vários países (Santos; Pessoa, 2023). O leite de uma vaca sem A1, ou seja com genótipo A2A2, tem estado cada vez mais entre os leites comercializados em países como a Austrália, a Inglaterra, os Estados Unidos, a Nova Zelândia e os Países Baixos, e sendo anunciados como adequados para o consumo por pessoas com sensibilidade ao leite convencional (Brooke-Taylor *et al.*, 2017).

Por isso, realizar a análise de características físico-químicas do leite auxilia na avaliação de sua qualidade e se está adequado ao consumo, além de examinar as condições higiênico-sanitárias de sua produção. Logo, ao considerar que o valor nutricional do leite A2A2 é diferente do convencional, é importante confirmar a sua legalidade em diferentes contextos (Silveira *et al.*, 2025). Sendo avaliados parâmetros como pH, densidade e teor de sólidos solúveis para caracterizar os componentes e a estabilidade do leite (Bisutti *et al.*, 2022).

Este estudo teve como objetivo geral comparar a densidade, o pH e o teor de sólidos solúveis do leite fluido convencional UHT semidesnatado e A2A2 por meio de parâmetros laboratoriais. Como objetivo específico, o intuito foi de contribuir para a caracterização da qualidade dos produtos estudados. Para tanto, analisou-se os resultados obtidos para duas marcas diferentes. As determinações foram realizadas em três repetições.

REVISÃO DE LITERATURA

1. LEITE

O leite destaca-se como um dos alimentos mais amplamente consumidos em nível mundial (Siqueira, 2019). Trata-se de uma matriz alimentar de elevado valor nutricional, em razão da presença significativa de proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, o que fundamenta sua recomendação na alimentação humana (Silva *et al.*, 2019).

Em 2025 a captação de leite por estabelecimentos submetidos a algum tipo de inspeção sanitária atingiu 27,51 bilhões de litros, evidenciando expansão de 8,5% em comparação ao ano anterior. Esse desempenho consolida uma trajetória de recuperação do setor, configurando o terceiro ano consecutivo de crescimento após as retrações observadas em 2021 e 2022. Além disso, o volume registrado ultrapassou o maior patamar anteriormente observado, que havia sido alcançado em 2020, com 25,64 bilhões de litros. Em termos absolutos, verificou-se um incremento de aproximadamente 2,15 bilhões de litros entre 2024 e 2025, associado ao aumento da captação na maior parte das unidades federativas participantes da Pesquisa Trimestral do Leite (IBGE, 2026).

Nos últimos anos, diversos estudos têm discutido os potenciais benefícios do consumo de leite para a saúde. Entretanto, evidências indicam que, em alguns indivíduos, sua ingestão pode desencadear desconfortos digestivos, associados principalmente ao tipo de β -caseína presente em sua composição, fator que contribui para a redução do consumo por parte de determinados grupos populacionais (Barbosa *et al.*, 2019). Além dos desconfortos digestivos, o leite também pode desencadear respostas alérgicas em indivíduos sensíveis. Nesse contexto, o produto em questão está incluído entre os principais alimentos com potencial alergênico, integrando o grupo conhecido como “Big-8”, que abrange também ovo, soja, trigo, amendoim, oleaginosas, peixe e frutos do mar (Vieira *et al.*, 2010).

1.1 Leite A2A2

Na década de 1990, tiveram início, na Nova Zelândia, os primeiros estudos voltados ao leite A2A2, com o objetivo de compreender os polimorfismos da β -caseína, especialmente nas variantes A1 e A2 (Rodrigues, 2022). Nesse contexto, a seleção genética de animais produtores de leite contendo a β -caseína A2 tem ganhado destaque na bovinocultura leiteira, sendo explorada como estratégia de melhoramento genético, devido à sua possível associação

com benefícios à saúde humana (Teixeira, 2014). Trata-se de uma área de crescente interesse científico, uma vez que estudos indicam que a β -caseína A2 pode apresentar melhor digestibilidade em determinados indivíduos quando comparada à variante A1. Isso ocorre porque a β -caseína A1 está relacionada à liberação de peptídeos bioativos, como a beta-casomorfina-7 (BCM-7), durante o processo digestivo (Barbosa *et al.*, 2019).

No cenário nacional, entretanto, o leite A2A2 configura-se como um produto relativamente recente, porém com demanda crescente, destacando-se por sua associação com melhor digestibilidade e pela possível redução de reações adversas relacionadas à proteína do leite, além de sua relação com doenças como o *Diabetes mellitus* tipo 1, em comparação aos leites que contêm a variante A1 (Pacchiarotti *et al.*, 2020).

Além disso, o leite de espécies como cabras, ovelhas, camelos, búfalas e asininos é, naturalmente, composto pela variante A2 da β -caseína. Em contrapartida, a maioria das vacas de raças como Holandesa, Friesian, Ayrshire e Shorthorn Britânica produzem leite contendo predominantemente as variantes A1 ou A1A2, frequentemente associadas a maior rendimento produtivo (Boro *et al.*, 2016).

Em vista disso, a comercialização do leite A2A2 representa uma importante inovação no setor lácteo, despertando interesse tanto da indústria quanto dos consumidores. Assim, torna-se fundamental compreender suas características específicas e seus impactos no contexto do agronegócio brasileiro (Fernandes, 2023).

2. INDUSTRIALIZAÇÃO

A produção nacional do leite fluido A2A2 deve estar em conformidade com a legislação vigente, como o Decreto nº 10.468/2020 (BRASIL, 2018a; 2018b). Ademais, as Instruções Normativas (IN) nº 76 e nº 77, ambas publicadas em 2018, definem os critérios de qualidade, identidade e os padrões microbiológicos e físico-químicos exigidos para o leite destinado ao consumo (MAPA, 2018a; 2018b). No contexto brasileiro, o leite A2A2 já se encontra disponível no mercado, sendo apresentado como uma alternativa para consumidores que apresentam desconfortos digestivos ou sensibilidade às proteínas presentes no leite convencional (Magalhães *et al.*, 2024).

Em âmbito internacional, observa-se a expansão da produção e comercialização do leite A2A2. Nesse cenário, destaca-se a atuação de empresas como a Vinamilk, maior companhia de laticínios do Vietnã, que passou a produzir leite A2A2 a partir da importação de

raças bovinas da Nova Zelândia, caracterizadas pela produção de leite isento da fração A1 (Hang, 2018). Além disso, produtos infantis elaborados com β -caseína A2 e livres da variante A1 já são comercializados em países como China e Austrália, frequentemente associados a melhor digestibilidade e adequação ao sistema gastrointestinal de lactentes (Brooke-Taylor *et al.*, 2017). Diante desse cenário, o leite A2A2 tem conquistado crescente aceitação no mercado global, acompanhando a tendência de valorização de produtos lácteos diferenciados (Jain; Gupta, 2005). Esse aumento na demanda tem impulsionado o desenvolvimento de rebanhos geneticamente selecionados para a produção de leite contendo exclusivamente a variante A2 da β -caseína (Daniloski *et al.*, 2022).

3. QUALIDADE

As políticas alimentares e a estruturação do setor leiteiro exigem a atuação da indústria e dos órgãos estatais, de modo a validar os métodos de controle de qualidade e segurança de novos produtos alimentícios (ISO/CASCO, 2018) quanto à sua composição, segurança, qualidade, rastreabilidade, propriedades sensoriais e valor nutricional (FDA ORA, 2020). O controle da qualidade físico-química e microbiológica do leite que chega à plataforma de recepção da usina de beneficiamento ou da indústria é fundamental para garantia da saúde da população e deve constituir-se num procedimento de rotina. Portanto, o leite deve ser monitorado frequentemente em uma indústria de beneficiamento, por meio de rigoroso controle de qualidade (Mensen, 2015).

O leite e seus derivados são ricos em nutrientes importantes. Por isso, garantir a preservação dessas características nutricionais é essencial para a manutenção da qualidade e dos benefícios à saúde associados aos produtos lácteos (Chetia *et al.*, 2023). Nesse sentido, a garantia da qualidade do leite está diretamente relacionada ao cumprimento de normas e padrões estabelecidos por órgãos reguladores. Dessa forma, o leite A2A2 atende aos mesmos padrões físico-químicos e higiênico-sanitários definidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária para o leite bovino convencional, conforme disposto nas IN nº 76 e nº 77 (BRASIL, 2018a; 2018b).

3.1 Parâmetros físico-químicos

3.1.1 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) do leite é um relevante parâmetro de seu estado de frescor, uma vez que, com o passar do tempo, tende a sofrer redução em decorrência da acidificação. Esse processo está relacionado ao comportamento dos constituintes do leite em meio aquoso (Mensen, 2015). Por isso, é considerado um parâmetro dinâmico, podendo sofrer variações ao longo do processamento do leite em função de fatores como temperatura, pressão, teor de sólidos e atividade microbiana. Esse parâmetro é definido como uma medida da atividade dos íons hidrogênio (H^+), representando a concentração efetiva desses íons em solução aquosa, expressa em mol por litro, especialmente em sistemas diluídos a uma determinada temperatura (Aydogdu *et al.*, 2023).

A determinação do pH constitui um dos métodos analíticos mais antigos e amplamente empregados na indústria de laticínios. Em geral, sua determinação é realizada em meio aquoso, uma vez que o pH está relacionado à fase contínua composta por água, não sendo aplicável em substâncias como óleos ou álcoois puros. Na indústria de laticínios, o controle do pH pode ser realizado por meio da adição de ácidos ou bases minerais, assim como pela utilização de culturas microbianas (Aydogdu *et al.*, 2023).

Em condições normais, o leite apresenta reação levemente ácida, com valores de pH variando entre 6,6 e 6,8, com média aproximada de 6,7 a 20 °C ou de 6,6 a 25 °C. Em situações de inflamação como na mastite, observa-se aumento do pH, tornando o leite mais alcalino, chegando a atingir valores entre 7,3 e 7,5. Apesar de sua relevância, a determinação do pH não é amplamente utilizada na rotina da indústria leiteira, por sua maior complexidade dos métodos analíticos, sendo mais frequentemente aplicada em estudos experimentais e pesquisas científicas (EMBRAPA, 2021).

3.1.2 Densidade

A medição de densidade do leite é amplamente utilizada no seu controle de qualidade, uma vez que, dentro de determinados limites, permite identificar possíveis fraudes, como a adição de água ou a remoção inadequada de gordura (Xavier *et al.*, 2023). Um leite com baixo teor em gordura apresenta maior densidade, enquanto que uma amostra com alto teor de gordura mostra menor densidade. Por outro lado, uma amostra de leite com maior

quantidade de água (como por exemplo, no caso de fraude por adição de água no leite) tem densidade menor do que a amostra normal. Isto acontece porque a densidade da água é menor quando comparada ao leite e o resultado final tende a se aproximar do valor da água (Brasil, 2018a 2018b).

A determinação da densidade é normalmente utilizada em análises de alimentos que se encontram no estado líquido. Esse parâmetro é obtido a partir da razão entre a massa de um determinado volume de leite e a massa de igual volume de água, sendo expressa em g/mL a uma temperatura de 15 °C (Brasil, 2018b). Usando a água como referência (1,000g/ml), obtém-se assim a densidade relativa, também denominada de peso específico (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

O termolactodensímetro é o equipamento mais utilizado sendo, especialmente, calibrado para as variações de densidade de 1,025 a 1,035, no entanto só os 2 últimos algarismos são usados na escala e, portanto, as leituras são de 25 a 35° Quevenne (Instituto Adolfo Lutz, 1985). Conforme a legislação brasileira, o leite pasteurizado deve apresentar valores de densidade entre 1,028 e 1,034 g/mL para o leite integral e entre 1,028 e 1,036 g/mL para o leite semidesnatado ou desnatado (Brasil, 2018b).

3.1.3 Teor de sólidos solúveis (°Brix)

O teor de sólidos solúveis é um parâmetro usado como indicador de qualidade, uma vez que a quantidade de sólidos solúveis em alimentos é uma medida muito utilizada para avaliar o nível de preservação, por exemplo, para medir a maturação do produto (Argandoña *et al.*, 2017).

No laboratório, o refratômetro é muito utilizado para a análise de amostras, permitindo a determinação indireta do teor de sólidos solúveis presentes no leite e em produtos lácteos. Essa determinação baseia-se na leitura do índice de refração da amostra, expressa em graus Brix (°Brix), que corresponde a uma escala relacionada à concentração de substâncias solúveis (ALGETEC, [s.d.]). A escala Brix é calculada pela quantidade de gramas de açúcar em 100 g de solução. Os sólidos solúveis presentes na amostra representam o total de sólidos dissolvidos na água, como o açúcar, sais minerais, proteínas e ácido. A leitura do valor medido é a soma total desses (Fangmeier, 2017). Dessa forma, a medição do °Brix possibilita estimar o teor de sólidos solúveis, sendo um parâmetro importante na avaliação da composição do leite (Argandoña *et al.*, 2017).

A presença de sólidos solúveis na água resulta numa alteração do índice de refração. É possível saber a quantidade de soluto sabendo-se o índice de refração da água. Esta análise é utilizada para determinar a concentração de sólidos solúveis em soluções aquosas de açúcar (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa teve como objetivo determinar de maneira exploratória os valores pH, densidade e sólidos solúveis do leite fluido convencional UHT semidesnatado e do A2A2, por meio de análises laboratoriais de 4 amostras. Os critérios adotados contemplaram os parâmetros das normativas IN 76 e IN 77 (Brasil, 2018a 2018b). O experimento foi realizado com três repetições.

pH

pHmetro digital, marca ANALYSER, modelo 350M (Figura 1)

Soluções tampão (calibrada pH 6,95)

Béquer

Água destilada

Papel absorvente



Figura 1 - pHmetro digital microprocessado Analyser modelo 350M.
Fonte: Analyser (2026)

O pHmetro foi ligado e verificado quanto às condições de funcionamento, incluindo os níveis de eletrólitos do eletrodo. Com isso, realizou-se a calibração do equipamento utilizando solução tampão de pH 6,95 previamente preparada, conforme recomendações analíticas.

Antes de cada medição, lavou-se o eletrodo com água destilada e secou-se com papel absorvente, a fim de evitar interferências nos resultados. Em seguida, o eletrodo foi imerso diretamente em cada amostra de leite previamente homogeneizada, sendo realizada a leitura do pH com precisão.

Considerando que o leite é um produto líquido, límpido e isento de gases, a determinação do pH foi realizada de forma direta (Cecchi, 2003).

Densidade

Termolactodensímetro, marca CAP-LAB (Figura 2)

Amostras resfriadas das duas marcas de leites semidesnatados convencional UHT e A2A2

Proveta de 100mL

Papel absorvente



Figura 2 - Termolactodensímetro CAP-LAB 15°C.
Fonte: CAP-LAB (2026)

A determinação da densidade foi realizada utilizando as amostras de leite fluido UHT semidesnatado A2A2 e convencional previamente homogeneizadas, que foram transferidas para uma proveta de 100 mL, sendo essa o suficiente para permitir a introdução do termolactodensímetro. A análise foi conduzida usando 50 mL de amostra resfriada em temperatura entre 10 e 20 °C (idealmente 15°C). O equipamento foi introduzido na amostra, evitando o contato com as paredes da proveta e sua imersão foi até o ponto adequado de flutuação determinando assim a densidade do leite.

A leitura da densidade e da temperatura foi realizada ao nível do menisco superior do leite. Em seguida, o equipamento foi elevado e realizou-se a limpeza da haste com papel absorvente, para realizar uma nova leitura nas amostras subsequentes (Fonseca da Silva *et al.*, 1997; IAL, 1985). Os valores foram corrigidos para a temperatura padrão de 15 °C, utilizando a tabela de conversão de densidade à temperatura de 15°C disponibilizada pelo fabricante do equipamento (Tabela 1). Obteve-se o valor corrigido fazendo o cruzamento da coluna de temperatura da amostra com a linha do valor da densidade lida.

Tabela 1 – Correção da densidade à temperatura de 15°C.

Temperatura (°C)	Leitura de densidade										
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
10	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0
11	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2
12	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4
13	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6
14	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8
15	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0
16	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2
17	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4
18	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6
19	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8
20	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0

Fonte: Adaptado de Cap-Lab

Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Refratômetro com escala 28 a 62 em graus Brix (°Brix), marca AKSO, modelo RHB62ATC (Figura 3)

Amostras das duas marcas de leites UHT semidesnatados convencional e A2A2

Papel absorvente

Água destilada



Figura 3 - Refratômetro Analógico (28 a 62% Brix) - RHB62.
Fonte: AKSO (2026)

Foi quantificado o teor de sólidos solúveis (em °Brix) através de um refratômetro portátil, adicionando uma gota da amostra dos leites semidesnatados convencional e A2A2 entre os prismas do equipamento para visualização do resultado.

Primeiramente, o refratômetro foi limpo com água destilada e seco com papel absorvente. Logo após, a amostra foi aplicada sobre o prisma do equipamento, de modo a cobrir completamente a superfície, a tampa do prisma foi fechada e a leitura foi realizada contra a luz, anotando-se o valor em graus Brix. Após cada análise, o prisma foi novamente limpo com água destilada e seco, evitando interferências entre as amostras (IAL, 1985).

RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os resultados dos experimentos.

Quadro 1 – Resultados dos experimentos

	AC	A2	BC	B2
pH	6,96	6,96	6,97	6,97
Densidade	1,03	1,03	1,03	1,03
BRIX	12,45	12,98	12,57	14,00

AC: Amostra da marca A tipo convencional; A2: Amostra da marca A tipo A2A2;

BC: Amostra da marca B tipo convencional; B2: Amostra da marca B tipo A2A2;

Os resultados dos experimentos indicaram valores iguais de pH e densidade entre as amostras AC e A2 da marca A. O mesmo comportamento foi observado para a marca B. Comparando as marcas A e B, notamos que os valores de densidade foram iguais, independente de a amostra ser convencional ou A2A2. Para o pH, a mudança foi observada apenas na segunda casa decimal, o que não é matematicamente significativo.

Com relação ao grau Brix, para as amostras convencional e A2A2, de ambas as marcas, notou-se aumento do resultado da amostra A2A2. Entretanto, para a amostra B, tivemos um aumento de 11,3% no resultado contra 4,2% para a amostra A.

DISCUSSÃO

No Brasil, ainda não existe regulamentação específica que estabeleça critérios físico-químicos próprios para o leite A2A2 que o diferenciem do leite convencional (Brasil, 2018a, 2018b). Porém, ainda assim os resultados encontrados estão de acordo com os parâmetros mínimos de qualidade exigidos pelo Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (MAPA).

pH

Nos resultados obtidos de medição do pH do leite de ambas as marcas, os valores encontrados foram semelhantes (6,96 e 6,97), indicando baixa variação e boa estabilidade entre os produtos avaliados. Nesse contexto, esses valores de pH dentro da faixa considerada normal apontam que o leite apresenta condições adequadas de qualidade, sugerindo boas práticas de manejo na produção e ausência de alterações associadas à contaminação, processos infecciosos ou mastite subclínica (Ruiz-Ortega *et al.*, 2025).

O pH é definido como a medida da atividade dos íons hidrogênio (H^+) em solução aquosa, sendo utilizado para expressar o grau de acidez ou alcalinidade de um meio (Rondinini, 2002). Em produtos alimentares e de origem biológica, essa atividade depende do equilíbrio entre ácidos e bases, os quais podem doar ou receber prótons durante as reações químicas (Iglesias; Barber, 2001). No leite, o pH constitui um parâmetro dinâmico, influenciado por fatores como temperatura, pressão, concentração de sólidos, remoção de água e atividade microbiana. A manutenção do mesmo está intimamente relacionada ao seu sistema tampão, formado principalmente por proteínas, citratos e fosfatos (Aydogdu *et al.*, 2023). Por isso, como o pH exerce influência direta sobre a integridade das micelas de caseína, alterações na atividade dos íons H^+ modificam a estabilidade e a solubilidade do fosfato de cálcio coloidal presente no interior das micelas, com efeito na distribuição de íons cálcio entre as fases solúvel e coloidal, podendo promover o inchaço ou a dissociação parcial dessas estruturas (McCarthy *et al.*, 2017).

Além disso, temperatura é outro fator determinante do pH, pois afeta as constantes de equilíbrio químico e a atividade iônica da solução. O aumento da temperatura intensifica a movimentação molecular e pode alterar a concentração efetiva de íons H^+ , motivo pelo qual a

interpretação do pH deve sempre considerar as condições em que a medição foi realizada (Reijenga *et al.*, 2013; Aydogdu *et al.*, 2023).

Dessa forma, como as amostras analisadas apresentaram valores praticamente idênticos de pH, infere-se que o equilíbrio mineral e a estabilidade das micelas de caseína foram semelhantes entre os leites UHT semidesnatados convencional e A2A2. Além de que a substituição da β -caseína A1 pela variante A2, não promoveu alterações significativas no equilíbrio ácido-base nem na estabilidade coloidal do leite.

Densidade

Neste estudo, os resultados de densidade do leite apresentados pelas amostras estão em conformidade com os padrões legais vigentes, entre os valores de 1,028 a 1,034 a 15°C (Brasil, 2018a). Este parâmetro é dependente da concentração dos componentes solúveis e do teor de gordura do leite.

Os resultados da densidade relativa do leite podem sofrer influência de diferentes fatores, tanto intencionais quanto não intencionais. Entre os fatores intencionais, destaca-se o desnate, uma vez que ao aumentar o teor de sólidos não gordurosos (lactose, proteínas e minerais) a densidade do leite aumenta, e ao aumentar o teor de gordura, a densidade reduz, em razão da menor densidade da fração lipídica em comparação aos demais constituintes do leite (dos Santos e da Fonseca, 2019).

Além disso, há também variações não intencionais que podem modificar a densidade sem, necessariamente, indicar comprometimento na qualidade do produto. Entre elas, podem ser citados fatores relacionados ao manejo nutricional, à raça dos animais e à própria composição do leite, especialmente quanto aos teores de gordura e proteína (Gasparotto, 2018). Outra variação natural é a temperatura no momento da análise, que eleva o volume através da expansão das moléculas, reduzindo a relação entre massa e volume e diminuindo a densidade do leite (Matiolli, 2024).

Sendo assim, a densidade relativa corrigida a 15 °C dentro da faixa legal (1,028 a 1,034 g/mL), evidencia a conformidade com os padrões estabelecidos. Esses resultados, reforçam a importância de controle rigoroso de qualidade, sobretudo quanto ao teor de gordura, pois desvios nesse parâmetro podem impactar o valor nutricional e a aptidão tecnológica do leite (Silveira *et al.*, 2025).

Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Observou-se diferença significativa apenas na análise de °Brix, com valores superiores nas amostras de leite A2A2 em comparação às amostras convencionais. No leite, a determinação em °Brix corresponde a uma estimativa indireta do índice de refração e reflete a concentração de sólidos solúveis presentes na amostra, compostos principalmente por lactose, proteínas solúveis e sais minerais. Assim, valores mais elevados indicam maior concentração relativa desses constituintes ou menor proporção de água no produto (EMBRAPA, 2021).

Dessa forma, a composição físico-química do leite pode sofrer influência de diversos fatores naturais e tecnológicos, incluindo raça do rebanho, variantes da β -caseína, estágio de lactação, dieta dos animais, condições ambientais e o tratamento térmico aplicado durante o processamento industrial (Castro, 2024).

Entre esses fatores, o estágio de lactação exerce importante influência sobre o teor de sólidos solúveis. No colostro, por exemplo, a concentração de proteínas é mais elevada e o teor de lactose é relativamente menor, resultando em valores de °Brix superiores aos observados no leite produzido em fases posteriores da lactação (EMBRAPA, 2021). Variações como essas podem influenciar as concentrações de lactose, proteínas e minerais da matéria-prima utilizada pela indústria. Embora o processamento industrial inclua etapas de padronização, características intrínsecas do leite cru podem permanecer e contribuir para pequenas diferenças na composição final do produto (Pereira, 2014).

Igualmente, o tratamento térmico aplicado ao leite durante o processamento industrial desempenha um papel fundamental na eliminação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, na inativação de enzimas e na modificação de estruturas teciduais. No entanto, além desses efeitos desejáveis, o aquecimento também pode desencadear alterações indesejáveis, como degradação de vitaminas e proteínas, mudanças na coloração, reações de escurecimento e modificações na textura do produto. Essas transformações podem influenciar indiretamente a leitura de °Brix, uma vez que promovem alterações na estrutura e na solubilidade de componentes como proteínas e sais minerais, o que pode resultar em discretas variações nos valores obtidos, geralmente com tendência à redução (Furtado, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comparou os parâmetros físico-químicos de pH, densidade e teor de sólidos solúveis (°Brix) entre amostras de leites fluidos UHT semidesnatados convencional e A2A2 de duas marcas comerciais, contribuindo para a caracterização da qualidade desse produto cada vez mais crescente no mercado lácteo brasileiro.

Os resultados obtidos para pH e densidade foram praticamente idênticos entre as amostras convencionais e A2A2. Esses achados sugerem que a alteração da variante A1 pela variante A2 da β -caseína não promove alterações significativas no equilíbrio ácido-base nem na estabilidade coloidal do leite semidesnatado, indicando que ambos os produtos atendem aos mesmos requisitos de qualidade físico-química exigidos pela legislação brasileira vigente.

No entanto, o teor de sólidos solúveis apresentou discreta diferença entre os tipos de amostra, com valores superiores registrados nas amostras A2A2 para ambas as marcas. Embora essa variação possa refletir características intrínsecas da matéria-prima (como genética do rebanho, estágio de lactação e dieta dos animais), a influência do processamento industrial não pode ser descartada, apontando para a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre os fatores que determinam a composição do leite A2A2 e sua diferenciação em relação ao leite convencional.

Por fim, ressalta-se que o Brasil ainda carece de regulamentação específica que estabeleça critérios físico-químicos diferenciados para o leite A2A2. Nesse sentido, estudos como este são fundamentais para embasar o desenvolvimento de marcos regulatórios adequados, garantindo transparência ao consumidor e padrões de segurança condizentes com o crescimento desse segmento de mercado.

REFERÊNCIAS

- AKSO. Refratômetro analógico 28 a 62 °Brix RHB62. São Leopoldo: Akso, 2026. Disponível em: <https://loja.akso.com.br/refratometro-analogico-28-a-62-Brix-rhb62>
- ALGETEC – SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS EM EDUCAÇÃO. Análise de sólidos solúveis. Laboratório de análise de alimentos. [S.l.]: Algetec, [s.d.].
- AMALFITANO, N.; PATEL, N.; HADDI, ML; BENABID, H.; PAZZOLA, M.; VACCA, GM; TAGLIAPIETRA, F.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, G. Perfil mineral detalhado do leite, soro e queijo de vacas, búfalas, cabras, ovelhas e camelos dromedários, e eficiência de recuperação de minerais em seus queijos. *J. Dairy Sci.* 2024 , 107 , 8887–8907.
- ANALYSER. Medidor pH/ORP modelo 350M. São Paulo: Analyser, 2026. Disponível em: <https://www.analyser.com.br/produtos/medidores-ph-orp/medidor-ph-orp-modelo-350m-analyser>
- ARGANDOÑA, E. J. S.; MALDONADE, I. R.; BREDAS, C. A.; JUSTI, P. N.; ALVES, A. V.; SILVA, T. G. Roteiro de aulas práticas da disciplina de Análise de Alimentos. Dourados, MS: UFGD, 2017. 105p.
- AYDOGDU, T.; O'MAHONY, J. A.; MCCARTHY, N. A. pH: fundamentos do processamento de leite e laticínios: uma revisão. *Dairy*, v. 4, p. 395–409, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/dairy4030026>.
- BARBOSA, M.; SOUZA, A.; TAVARES, G.; ANTUNES, A. Leites A1 e A2: revisão sobre seus potenciais efeitos no trato digestório. *Segurança alimentar e nutricional*, v. 26, p. e019004-e019004, 2019. doi: 10.20396/san.v26i0.8652981.
- BISUTTI, V.; PEGOLO, S.; GIANNUZZI, D.; MOTA, L. F. M.; VANZIN, A.; TOSCANO, A.; TREVISI, E.; AJMONE MARSAN, P.; BRASCA, M.; CECCHINATO, A. The β -casein (CSN2) A2 allelic variant alters milk protein profile and slightly worsens coagulation properties in Holstein cows. *J Dairy Sci.* 2022 May;105(5):3794-3809. doi: 10.3168/jds.2021-21537. Epub 2022 Mar 2. PMID: 35248385.
- BORO, P.; NAHA, B.; SAIKIA, D.; PRAKASH, C. (2016). Leite A1 e A2 e seu impacto na saúde humana. *Revista Internacional de Ciência e Nutrição*, 7(1), 01-05.
- BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Atualizado pelo Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018(a). Estabelece os regulamentos técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade do leite cru refrigerado, do leite pasteurizado e do leite pasteurizado tipo A. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 30 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018(b). Estabelece os critérios e procedimentos para a 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. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750138.
- BROOKE-TAYLOR, S.; DWYER, K.; WOODFORD, K.; KOST, N. (2017). Revisão sistemática dos efeitos gastrointestinais da β -caseína A1 comparada com a A2. *Advances in Nutrition*, 8(5), 739-748.
- CAP-LAB. Termolactodensímetro 15 °C álcool. São Paulo: CAP-LAB, 2026. [Acesso em 2026]. Disponível em: <https://cap-lab.com.br/produto/termolactodensimetro-15oc-alcool/>

- CASTRO, Leila Silva e. Influência do genótipo da β -caseína sobre as características físico-químicas, elétricas e o perfil de ácidos graxos do leite bovino. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2024.
- CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. p 110.
- CHETIA, J.; PANDA, T. C.; KUMARI, S.; SETH, D. Efeito do processamento não térmico nas propriedades nutricionais e funcionais do leite e derivados: uma revisão. *Indian Journal of Animal Health*, v. 62, n. 2, p. 32–48, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36062/ijah.2023.spl.03323>
- DANILOSKI, D.; MCCARTHY, N. A.; VASILJEVIC, T. Impact of Heating on the Properties of A1/A1, A1/A2, and A2/A2 β -Casein Milk Phenotypes. *Food Hydrocoll.* 2022, 128, 107064.
- DE NONI, I.; FITZGERALD, R. J.; KORHONEN, H. J. T.; LE ROUX, Y.; LIVESEY, C. T.; THORSODOTTIR, I.; TOMÉ, D.; WITKAMP, R. Review of the Potential Health Impact of β -Casomorphins and Related Peptides. *EFSA J.* 2009, 7, 231r.
- DOS SANTOS, M.V.; DA FONSECA, L.F.L. Controle da mastite e qualidade do leite - Desafios e Soluções. 1a Edição. Pirassununga, 2019.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Gado de Leite. pH do leite. Juiz de Fora: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/testes-de-qualidade/ph-do-leite.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Qualidade e segurança. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- FANGMEIER, Michele. Determinação do grau Brix. MilkPoint, 8 mar. 2017. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/determinacao-do-grau-Brix-104358/>
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2022. Dairy Market Review: Emerging trends and outlook 2022. Rome.
- FARRELL, H. M.; JIMENEZ-FLORES, R.; BLECK, G. T.; BROWN, E. M.; BUTLER, J. E.; CREAMER, L. K.; HICKS, C. L.; HOLLAR, C. M.; NG-KWAI-HANG, K. F.; SWAISGOOD, H. E. Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk—Sixth Revision. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 1641–1674.
- FDA ORA. (2020). Métodos, Verificação e Validação de Métodos. Manual de Laboratório ORA Volume II.
- FERNANDES, A. C. Leite A2: Uma nova tendência no mercado de laticínios. 2023.
- FONSECA DA SILVA, P. H.; PEREIRA, D. B. C.; OLIVEIRA, L. L.; COSTA-JUNIOR, L. C. G. Físico-química do leite e derivados – Métodos analíticos. Juiz de Fora, Minas Gerais, 1997, p.25.
- FURTADO, A. A. L. Tratamento térmico. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Agência de Informação Tecnológica. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- GAPAROTTO, P.H.G. Avaliação da qualidade do leite UHT, quanto aos parâmetros: alizarol, acidez dornic, densidade e presença de formaldeído de nove marcas comercializadas no município de Ji-Paraná-RO. Dissertação de mestrado. Universidade Brasil, Campus Descalvado, São Paulo. 39p. 2018.
- Hang, T. (2018). Vinamilk tiên phong với sữa A2. Retrieved from <http://vietnamnet.vn/vn/kinh-doanh/vinamilk-tien-phong-voi-sua-a2-458398.html>
- HOLT, C. The milk salts and their interaction with casein. *Adv. Dairy Chem.* 1997, 3, 233–256.

- IGLESIAS, F. C.; BARBER, D. H. Projeto e desempenho do combustível do reator de água pesada. In: BUSCHOW, K. H. J.; CAHN, R. W.; FLEMINGS, M. C.; ILSCHNER, B.; KRAMER, E. J.; MAHAJAN, S.; VEYSSIÈRE, P. (eds.). *Enciclopédia de Materiais: Ciência e Tecnologia*. Oxford, Reino Unido: Elsevier, 2001. p. 3741–3745.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 18-21.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em 2025, Brasil registra a maior produção de leite, couro e ovos da história; abate de bovinos, frangos e suínos também é recorde. Rio de Janeiro: IBGE, 2026.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (ISO/IEC): 17025:2017: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Geneva: ISO, 2018.
- V., & Gupta K. (2005). Food and Nutritional Analysis: Overview. Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), 202-211.
- ISO/CASCO, (2018). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2017). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/66912.html>.
- KHAN, S.; SAYED, M.; SOHAIL, M.; SHAH, L.A.; RAJA, M.A. Advanced oxidation and reduction processes. Adv. Water Purif. Tech. 2019, 135–164.
- MAGALHÃES, Isabela Soares; SOUZA, Danielly Aparecida de; MAURÍLIO, Kamila Brunele Barbosa; VIEIRA, Érica Nascif Rufino; LEITE JÚNIOR, Bruno Ricardo de Castro. Leite A2A2, o que precisamos saber? MilkPoint, 18 out. 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/lipaufv/leite-a2a2-o-que-precisamos-saber-237598/>.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Dispõe sobre os critérios para identidade e qualidade do leite. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 nov. 2018.
- MATTIOLI, Letícia Matos. Qualidade do leite A2 pasteurizado tipo A comercializado em Belo Horizonte, Minas Gerais. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.
- MCCARTHY, N.A.; POWER, O.; WIJAYANTI, H.B.; KELLY, P.M.; MAO, L.; FENELON, M.A. Effects of calcium chelating agents on the solubility of milk protein concentrate. Int. J. Dairy Technol. 2017, 70, 415–423.
- MELLO, L. O. et al. Comparação da composição, dos aspectos nutricionais e do preço de mercado entre o leite UHT e bebidas vegetais UHT. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 10, n.13, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20860>.
- MENSEN, J. F. R. Controle da qualidade: análises físico-químicas do leite e derivados em uma indústria de beneficiamento de leite. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- PACCHIAROTTI, V. L.; MENDES, J. P. G.; FERREIRA, L. M. Produção do leite A2 e melhoramento genético do rebanho. Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação, v. 1, n.2, 2020.
- PATEL, S.; SHAH, T.; SABARA, P.; BHATIA, D.; PANCHAL, K.; ITALIYA, J.; KORINGA, P.; RANK, D. N. Understanding Functional Implication of β -Casein Gene Variants in Four Cattle Breeds Characterized Using AmpliSeq Approach. 3 Biotech 2020, 10, 414.
- PEREIRA, M.F.B.C; GOMES, P.W.P; SIMÕES, M.C; MARTINS, L.H.S. DA; SARMENTO, P.S.M. de. Avaliação Microbiológica no leite de vaca in natura e pasteurizado comercializado na cidade de Tucuruí, Pará. Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota), v.9, n.3, p. 52-56. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v9n3p52-56>>.

- PEREIRA, P. C. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*. 2014 Jun;30(6):619-27. doi: 10.1016/j.nut.2013.10.011. Epub 2013 Oct 30. PMID: 24800664.
- REIJENGA, J.; VAN HOOFF, A.; Van Loon, A.; TEUNISSEN, B. Development of methods for the determination of pKa values. *Anal. Chem. Insights* 2013, 8, S12304.
- RODRIGUES, B. S. Leite A2A2 Informações a respeito do leite tipo A2 e produção dos seus derivados. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico.
- RONDININI, S. pH measurements in non-aqueous and aqueous–organic solvents–definition of standard procedures. *Anal. Bioanal. Chem.* 2002, 374, 813–816.
- RUIZ-ORTEGA, Maricela et al. Physicochemical Characteristics of Dual-Purpose Cow's Milk During the Dry and Rainy Seasons in a Tropical Environment. *Veterinary Sciences*, v. 12, n. 3, p. 269, 2025. DOI: 10.3390/vetsci12030269.
- SANTOS, Cristiele dos; PESSOA, Flávia Oliveira Abrão. Leite A2A2: uma alternativa promissora para saúde dos consumidores. *MilkPoint*, 04 ago. 2023. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/leite-a2a2-alternativa-promissora-para-saude-dos-consumidores-234535/>.
- SILVA, V.; COELHO, A. (2019). Causas, sintomas e diagnóstico da intolerância à lactose e alergia ao leite de vaca. *Revista Saúde UniToledo, Araçatuba, SP*, v. 03, n. 01, p. 20-31. Disponível em: <http://www.ojs.toledo.br/index.php/saude/article/view/2936/476>.
- SILVEIRA, L. M. D.; VIANA, W. A. O.; FREIRE, J. S.; SANTOS, H. J.; MARTINS, S. C. S. G.; MENDES, J. Z. B. Leite A2A2: caracterização físico-química e microbiológica do leite de animais produtores em Salinas/MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFNMG, 12., 2025. Anais [...]. 2025.
- SIQUEIRA, K. O mercado consumidor de leite e derivados. In: Comunicado Técnico EMBRAPA gado de leite, 120. Minas Gerais. v. 1, p. 17, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110792/o-mercado-consumidor-de-leite-e-derivados>.
- SOUSA, F. DE A. L. Diferenciais do leite A2A2 e aplicabilidade. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/5075dfc4-42bc-4dec-8ce5-4173ef10b4a0/content>.
- SUMMER, A.; DIFRANGIA, F.; AJMONE MARSAN, P.; DE NONI, I.; MALACARNE, M. Occurrence, Biological Properties and Potential Effects on Human Health of β -Casomorphin 7: Current Knowledge and Concerns. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020, 60, 3705–3723.
- TEIXEIRA, L. S. et al. Técnicas de melhoramento genético em bovinos para o aumento na produção de leite. *Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente*, v.2, n.2, 2014.
- VIEIRA, M. C. et al. A survey on clinical presentation and nutritional status of infants with suspected cow' milk allergy. *BMC Pediatrics*, v. 10, n. 1, 2010.
- XAVIER, Rafael Gariglio Clark et al. Canine pyometra: a short review of current advances. *Animals*, v. 13, n. 3310, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13213310>.