

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PONTES E LACERDA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

ANA CAROLINE VERDECIO

**PRODUÇÃO DE LEITE TIPO A2 EM BOVINOS**

PONTES E LACERDA – MT  
NOVEMBRO/2024

ANA CAROLINE VERDECIO

**PRODUÇÃO DE LEITE TIPO A2 EM BOVINOS**

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientador(a): Prof. Dr<sup>a</sup>. ALINE BARROS DA SILVA MORENZ

ANA CAROLINE VERDECIO

## PRODUÇÃO DE LEITE TIPO A2 EM BOVINOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

**APROVADO EM:** 19/11/2024

Documento assinado digitalmente  
 **ALINE BARROS DA SILVA MORENZ**  
Data: 02/12/2024 17:16:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Aline Barros Da Silva Morenz  
Orientadora/UNEMAT-Pontes e Lacerda

Documento assinado digitalmente  
 **DANILO ANTONIO MORENZ**  
Data: 02/12/2024 17:32:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Danilo Antônio Morenz  
Prof. Dr em Produção Animal

Documento assinado digitalmente  
 **SILVIA CRISTINA DE AGUIAR**  
Data: 02/12/2024 19:55:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Sílvia Cristina De Aguiar  
Prof. Dr<sup>a</sup> em Zootecnia

Dedico esse trabalho de conclusão de curso à minha família e amigos que estiveram ao meu lado me incentivando e me dando apoio em meio às dificuldades, em especial minha mãe Marilene, minha filha Ana Luiza por ser meu incentivo maior, ao meu companheiro Alex e meus irmãos. Obrigada pelo apoio em toda essa trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, e a Nossa Senhora Aparecida que fizeram com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos e por sempre terem me protegido.

Agradeço a minha guerreira e batalhadora mãe Marilene pelo amor incondicional, por ter sido e por ser pai e mãe, por sempre ter se doado tanto em criar seus cinco filhos, pela minha educação, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu esposo Alex por nunca ter soltado minha mão ao longo desta caminhada, por todo apoio, amor e carinho. A minha amada e querida filha Ana Luiza, por ser o motivo maior de tudo isso, por me tornar uma mulher forte, e buscar sempre o melhor.

Aos meus queridos irmãos Laura, Alissandra, Geni e Edmilson por todo apoio, e por terem confiado a mim a realização deste sonho. A minha querida tia, Celina, por sempre ter me motivado a continuar (*in memoriam*), minha sogra Rosana e todos da minha família.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora Aline Barros pelo apoio contínuo ao meu estudo, por sua paciência, motivação e imenso conhecimento. Por ter sido ao longo desta caminhada muito mais que uma simples orientadora, e sim uma amiga. Eu não poderia imaginar ter uma orientadora melhor para meu trabalho.

Agradeço imensamente à minha banca examinadora, prof. Dr<sup>a</sup>. Sílvia C. Aguiar e ao prof. Dr. Danilo A. Morenz, por terem aceitado o convite e por agregarem ainda mais conhecimento a este estudo.

À instituição de ensino, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), e aos professores ao qual foram essenciais no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos de curso.

À empresa Mais Genética Inseminação, em especial ao Dr. Humberto Carvalho, pela oportunidade de estágio e por me apresentar o mundo da reprodução.

Agradeço imensamente a empresa Agromattos Consultorias e Serviços Veterinários, sobretudo ao Dr. Josimar Mattos, por todos os ensinamentos, palavras de incentivo, e oportunidade de aprendizado a cada dia.

Sou grata aos meus amigos pelo apoio incondicional durante toda a minha trajetória acadêmica, em especial minha grande amiga Fernanda Martins por todas as conversas,

por ter sido meu ombro amigo, por ter feito meus dias melhores e por ter aceitado dividir comigo o peso da caminhada.

Meus sinceros agradecimentos aos meus amigos, Sarah, Karine Figueiredo, Ellen Carolina, Daiane, Ademar Gabriel, Marcelo Souza, Thalia Cristina, Natália, Ana Paula Gomes, Janilson e Dismael. E todos aqueles que fizeram parte dessa trajetória.

MUITO OBRIGADA.

*“Trabalhe com o que você ama e nunca mais precisará trabalhar na vida.”*

(Confúcio)

## RESUMO

O consumo de leite bovino e derivados é importante para a nutrição da população, mas questões como intolerância à lactose e alergia à proteína do leite podem limitar o consumo. O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a produção de leite tipo A2 em bovinos. O leite A2 é uma alternativa para pessoas com desconforto gastrointestinal, visto que a produção de leite, com a presença das variantes de  $\beta$ -caseína A2 tem como fácil digestão e por produzir menos  $\beta$ -casomorfina-7 (BCM-7). O melhoramento genético na bovinocultura leiteira desempenha um papel importante na seleção de animais com genótipo A2A2, buscando produtividade para atender o mercado consumidor. A genética destes animais também é de suma importância, nas raças Holandesa e Pardo-Suíça, existe uma probabilidade de 50% para a produção de leite A2, indicando que metade dos animais dessas raças carregam o gene para a produção de leite A1. Em contraste, a raça Jersey apresenta uma probabilidade de 75% para a produção de leite A2, o que significa que a maioria de seus indivíduos têm genética favorável para tal produção. A raça Guernsey, apesar de ser pouco difundida no Brasil, é notável que todos os seus indivíduos produzem somente leite A2. As raças zebuínas, como o Gir Leiteiro, o qual domina a pecuária nacional, tem aproximadamente 98% dos animais dessas raças com genes para a produção de leite A2, já que a grande maioria dos zebuínos produz esse tipo de leite. O gado Sindi, também é reconhecido como uma das raças produtoras de leite A2A2. Esta variante tem se tornado cada vez mais notória por sua menor incidência em causar alergias, e animais com esse genótipo estão cada vez mais sendo selecionados para a produção do leite tipo A2 para atender os interesses do mercado consumidor.

**Palavras-chave:** BCM-7; Beta-caseína A2; Composição do leite de vaca; Gir; Melhoramento genético.

## ABSTRACT

The consumption of bovine milk and dairy products is important for the population's nutrition, but issues such as lactose intolerance and milk protein allergy can limit consumption. The aim of this study was to review the literature on the production of A2 milk in cattle. A2 milk is an alternative for people with gastrointestinal discomfort, since milk produced with the presence of  $\beta$ -casein A2 variants is easier to digest and produces less  $\beta$ -casomorphin-7 (BCM-7). Genetic improvement in dairy farming plays an important role in selecting animals with the A2A2 genotype, seeking productivity to meet the consumer market. The genetics of these animals is also of the utmost importance. In the Holstein and Brown Swiss breeds, there is a 50% probability of producing A2 milk, indicating that half of the animals in these breeds carry the gene for producing A1 milk. In contrast, the Jersey breed has a 75% probability of producing A2 milk, which means that the majority of its individuals have favorable genetics for such production. Although the Guernsey breed is not very widespread in Brazil, it is notable that all of its individuals only produce A2 milk. Zebu breeds, such as the Gir Dairy which dominates national livestock farming, have approximately 98% of their animals with genes for producing A2 milk, since the vast majority of zebu produce this type of milk. Sindi cattle are also recognized as A2A2 milk-producing breeds. This variant has become increasingly notorious for its lower incidence of causing allergies, and animals with this genotype are increasingly being selected for the production of A2-type milk to meet the interests of the consumer market.

**Keywords:** BCM-7; Beta-casein A2; Cow's milk composition; Gir; Genetic improvement.

## SUMÁRIO

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                              | <b>5</b>  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                   | <b>7</b>  |
| 2.1 PRODUÇÃO DE LEITE BOVINO NO BRASIL E NO MUNDO..... | 7         |
| 2.2 REBANHO LEITEIRO .....                             | 11        |
| <b>2.2.1 Principais raças leiteiras .....</b>          | <b>12</b> |
| 2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE .....                  | 16        |
| 2.4 CONSUMO DE LEITE E DERIVADOS .....                 | 24        |
| 2.5 REBANHOS GENETICAMENTE SELECIONADOS .....          | 26        |
| 2.6 COMPARAÇÃO ENTRE LEITE TIPO A1 E A2 .....          | 29        |
| 2.7 CERTIFICAÇÃO .....                                 | 31        |
| 2.8 MERCADO DO LEITE A2 .....                          | 35        |
| <b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                     | <b>40</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                               | <b>41</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O leite bovino é um dos principais produtos vindos do agronegócio brasileiro, sendo este responsável pela geração de empregos e por fazer parte da alimentação da população (CORBUCCI, 2017).

O Brasil obteve um resultado de 35.375.235 litros de leite em 2023 (IBGE, 2024), o que fez com que o país se tornasse o quarto maior produtor de leite do mundo, com predominância de pequenas e médias propriedades (CILEITE, 2024).

O leite possui uma diversidade em sua composição, como as gorduras sendo altamente nutritivas e saudáveis, assim como as vitaminas, sais minerais, carboidratos e proteínas. O leite possui papel crucial para o crescimento de crianças e adolescentes em desenvolvimento, além de ser fator preventivo a doenças (DA SILVA et al., 2020).

Atualmente as indústrias precisam se reinventar cada vez mais para buscarem atender as demandas significativas do mercado consumidor, e estes por outro lado estão sempre preocupados com sua saúde. Como exemplo dessa preocupação, é a possibilidade de hoje já ser possível encontrar o leite com o selo A2 no mercado, o qual vem sendo muito pesquisado por diversas empresas, um trabalho desenvolvido a partir da seleção de animais por meio do melhoramento genético (CORBUCCI, 2017).

As vacas podem ter em sua composição genética o alelo A1 ou A2, o qual são genes responsáveis pela produção de variantes da  $\beta$ -caseína, a principal proteína do leite, que é composta por uma sequência de aminoácidos diferenciados pela sua estrutura (PACCHIAROTTI et al., 2020). Esse leite se diferencia na proteína por apenas um aminoácido, em sua cadeia de 209 aminoácidos. A caseína A1 possui o aminoácido Histidina na posição 67 da cadeia, enquanto a caseína A2 tem a Prolina.

O leite com a variante A2 é visto como de fácil digestão, principalmente pelo fato de produzir menos  $\beta$ -casomorfina-7 (BCM-7), quando comparado com a variante A1, ou seja, a digestão da beta-caseína A1 pelas enzimas digestivas produzem a BCM-7, um peptídeo bioativo de sete aminoácidos. Em contraste, a digestão da  $\beta$ -caseína A2, que resulta em uma liberação mínima de BCM-7, e a  $\beta$ -caseína A2 não está associado com doenças humanas (PEREIRA, 2018). Vacas que possuem o genótipo A2A2, a liberação de BCM-7 é quatro vezes menor comparado com as vacas que possuem o alelo A1 (KAMIŃSKI et al., 2007).

De acordo com Da Silva et al. (2020), as raças Guzerá, Gir e Jersey apresentam maior frequência genotípica ao alelo A2, quando comparado com animais da raça Holandesa.

Para alcançar um rebanho com produção 100% de leite A2, é essencial selecionar animais com genótipo A2A2 exclusivamente. Isso requer um investimento significativo em melhoramento genético, escolha de raças com predisposição para produção de leite A2, implementação de um sistema de rastreabilidade e a realização de testes de genotipagem para elevar a frequência do alelo A2 no rebanho (PACCHIAROTTI et al., 2020).

A genotipagem é importante para que o produtor saiba se seus animais são A1 ou A2. Isso contribui para a segregação dos animais na propriedade, o que permite a aplicação de técnicas de propagação do genótipo A2A2 no rebanho. Como resultado ocorre aumento da produção de leite com características desejadas por certas indústrias de laticínios para a fabricação de produtos derivados específicos (DIOGO et al., 2023).

Por tanto, este estudo tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre a produção de leite bovino com selo A2. Levantar informações sobre esta temática e oferecer, através destes dados, informações para que produtores e consumidores possam tomar suas próprias decisões sobre comercialização e consumo do leite tipo A2.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente estudo se fundamentou em uma abrangente pesquisa bibliográfica, que englobou a consulta em livros e artigos científicos, bem como por meio de pesquisas na Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Scholar e Pubmed. Além disso, foram consultados materiais disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Utilizaram-se termos-chave relacionados à Produção de leite tipo A2, tais como Leite bovino;  $\beta$ -caseína A2, proteína do leite de vaca, composição do leite, Gir e Melhoramento Genético. Após a coleta de materiais, foram conduzidas leituras exploratórias e seletivas para identificação de informações pertinentes sobre a  $\beta$ -caseína A2.

### 2.1 PRODUÇÃO DE LEITE BOVINO NO BRASIL E NO MUNDO

Conforme relatório anual da Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) e a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) a produção mundial de leite atingiu cerca de 927 milhões de toneladas em 2023 (OECD-FAO, 2024).

O consumo aparente de leite per capita no Brasil em 2023 foi de 131 L/ habitante, um aumento médio comparado ao ano de 2022 de sete litros por habitante no consumo de leite e seus derivados (EMBRAPA, 2024).

Em 2023, houve uma queda significativa nos preços dos produtos lácteos em comparação com os altos níveis de 2022. Essa redução foi impulsionada principalmente pela diminuição dos custos de insumos e pelo menor consumo global, consequência dos preços elevados do ano anterior (OECD-FAO, 2024).

Em relação à produção de leite bovino no Brasil, no ano de 2022, foram produzidos 34,6 bilhões de litros de leite, embora a quantidade tenha reduzido 1,6% em relação ao ano anterior (35,18 bilhões de litros), o país ocupa um papel de destaque no setor agropecuário a nível mundial, mantendo-se entre os maiores produtores de leite do mundo (EMBRAPA, 2024). É importante destacar que este resultado de produção foi obtido principalmente de pequenas e médias propriedades (IBGE, 2022).

A nível nacional, a produção de leite se concentra nos estados de Minas Gerais, ao qual lidera em primeiro lugar, com participação de 26%, seguido pelos estados da Região Sul como Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás (CILEITE, 2024) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de leite (mil litros), leite inspecionado (milhões de litros) em 2022 e participação (%) dos principais Estados brasileiros no ano de 2023.

| Estados           | Produção (mil litros) | Leite inspecionado<br>(milhões de litros) | Participação (%) |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------|
| Minas Gerais      | 9422                  | 5837                                      | 26               |
| Paraná            | 4558                  | 3626                                      | 12               |
| Rio Grande do Sul | 4114                  | 3156                                      | 11               |
| Santa Catarina    | 3206                  | 3202                                      | 9                |
| Goiás             | 2981                  | 2209                                      | 8                |

**Fonte:** Adaptado de Cileite, 2024; Embrapa (2023).

Esses resultados de produção de leite se dão graças às tecnologias adotadas nestas propriedades, assim como a intensificação e produtividade. Vale ressaltar que o melhoramento genético desses animais, o manejo, a alimentação, o bem-estar são de suma importância para se obter resultados satisfatórios.

Conforme verificado na Tabela 1, pouco do leite produzido é inspecionado, isso indica que parte do leite e seus derivados são encaminhados para os laticínios, contudo, existe uma pequena parte que é destinada para o comércio informal, sem inspeção prévia, no qual o leite é processado diretamente na própria propriedade e posteriormente comercializado diretamente nas ruas, mercados e feiras, o que resulta na disponibilização de produtos sem garantias de segurança alimentar. Estima-se que metade da produção nacional de leite no Brasil seja comercializada de maneira informal, sem a devida fiscalização sanitária (NERO et al., 2003).

Em estudo realizado por Florindo et al. (2021), para saber como é feito a aquisição e consumo de leite e produtos lácteos, foram coletadas informações de 120 pessoas, e se obteve os seguintes resultados: Ao serem questionados sobre onde costumam adquirir laticínios, 34% (41/120) responderam que compram em supermercados, 30% (36/120) em mercados locais e 14% (17/120) em padarias.

Neste mesmo trabalho, nota-se que 10% (12/120) dos entrevistados habitualmente adquirem leite e derivados de forma informal através de vendedores ambulantes, e 6% (7/120) diretamente de fazendas. Observou-se também que há pessoas que compram queijo de maneira informal em mercados de bairro, feiras e padarias. Esses dados indicam que a venda de produtos informais ocorre não apenas por meio de vendedores ambulantes, mas também em mercados e

padarias locais, sendo atribuído a estes estabelecimentos o controle de qualidade dos produtos comercializados (FLORINDO et al., 2021).

Apesar de seu expressivo valor na produção de leite, o Brasil exportou em 2023, cerca de 77 milhões de toneladas de leite. E as importações de leite atingiram o equivalente a 2.183 milhões de litros, um volume consideravelmente alto, marcando um aumento significativo de 33,6% em comparação com o mesmo mês do ano anterior (CILEITE, 2024). Dentre os produtos vindos destas importações estão o leite em pó, queijos, soro do leite e outros (XIMENES et al., 2023). Ao comparar a importação de produtos lácteos (kg) nos anos de 2021 e 2022, Ximenes et al. (2023), verificaram uma variação de 19,1% entre estes anos, conforme verificado na Tabela 2. Além disso, os autores também destacaram que o leite em pó, é o principal produto importado pelo Brasil.

**Tabela 2.** Importação de produtos lácteos (kg) entre os anos de 2021 e 2022.

| Produto Importação (Kg) | 2021        | 2022        |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Leite em pó             | 75.762.842  | 106.463.748 |
| Queijos                 | 31.963.869  | 33.1999.038 |
| Soro do leite           | 14.924.731  | 18.963.624  |
| Demais prod. lácteos    | 5.281.477   | 2.503.304   |
| Manteiga                | 3.177.576   | 2.894.528   |
| Demais gord. Lácteas    | 2.822.344   | 2.158.322   |
| Leitelho                | 2.546.131   | 2.860.515   |
| Doce de leite           | 1.065.484   | 914.333     |
| Leite modificado        | 91.951      | 141.775     |
| Leite fluido            | 42.056      | 84.112      |
| Total                   | 137.678.461 | 170.183.299 |

**Fonte:** Adaptado de Ximenes et al. (2023).

Adicionalmente, as exportações de leite fluido, os insumos para a fabricação de produtos de alto valor agregado cresceram consideravelmente até 5,43 milhões de toneladas em 2022, ou seja, um crescimento de 82%, considerado um recorde notável, especialmente nos últimos cinco anos. No entanto, o volume de importações de leite em pó e queijo foi de 106.000 toneladas e 33.000 toneladas, respectivamente, o que representa um valor mais alto do que o valor exportado de 36,19 mil toneladas (XIMENES et al., 2023).

Conforme Silva (2020), desde o ano de 2004 até os dias atuais, devido ao grande número de consumidores, o país não consegue atender o mercado interno, o que levou ao aumento nas importações. Além disso, o que contribuiu para o aumento dessas importações foi o número de produtores que não conseguiram se consolidar na atividade leiteira e acabaram desistindo, tornando o país refém dessas importações (PEREIRA; NUNES, 2021)

Entre os fatores relacionados à desistência dos produtores com a atividade leiteira está a falta de conhecimento e da adoção de tecnologias que permitam melhorar a produtividade (BONADIO et al., 2005). No entanto a escassez e o custo da mão de obra são questões críticas atualmente enfrentadas por propriedades leiteiras (PAIVA et al., 2016).

A mão-de-obra e a produtividade no Brasil é significativamente menor em comparação com outros países. Por exemplo, um trabalhador no Brasil ordenha aproximadamente 80 litros de leite por hora, enquanto na Nova Zelândia, a quantidade pode alcançar 400 litros de leite por hora (EMBRAPA, 2024).

As tecnologias de precisão, que incluem mecanização e automação, estão se tornando cada vez mais comuns em fazendas leiteiras. Isso se deve à crescente importância da produtividade do trabalho para a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção. A ordenha, por exemplo, exige trabalhadores qualificados, mas a mão de obra está se tornando escassa e cara (PAIVA et al., 2016).

A inovação e a implementação de tecnologias avançadas são cruciais para melhorar os sistemas de produção e obter resultados superiores em atividades econômicas. Novos modelos de tecnologias emergentes, processos e ferramentas são desenvolvidos para aumentar a qualidade, a produtividade e reduzir custos.

A adoção de tecnologia robótica para ordenha, sistemas automatizados de alimentação, drones, rastreamento, biotecnologia, Internet das Coisas (IoT) e diversas outras tecnologias estão revolucionando a criação de gado leiteiro (BOTEGA et al., 2008)

Contudo, a adoção de novas tecnologias requer compreensão clara de sua aplicabilidade e viabilidade econômica. Uma gestão eficiente dos sistemas produtivos é crucial para a lucratividade e sustentabilidade. Portanto, a introdução de tecnologias inovadoras pode reduzir gastos e aumentar a produção e lucros, mas deve ser feita com o suporte de organizações qualificadas, conhecimento especializado e supervisão técnica das novas práticas adotadas nos sistemas produtivos do setor leiteiro (EMBRAPA, 2023).

Além disso, a demanda por aumentar a produtividade, de forma intensiva, mas sem causar impactos negativos sobre o meio ambiente, vem aumentando. Com isso, no Brasil nos últimos anos, têm-se intensificado o apoio à pesquisa e desenvolvimento nesta área, com o objetivo de se obter um modelo inédito de uma agricultura mais sustentável.

Uma das formas de sustentabilidade que o Brasil apresenta é o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) criado pelo MAPA. O Brasil, na COP15, comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 36,1% a 38,9% até 2020, conforme estabelecido pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) de 2009 (MANZATTO,

2019), cada país assinante definiu suas metas para diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), chamadas de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC).

A NDC atualizada em 2023 estipula que o país reduza suas emissões em 48% até 2025 e 53% até 2030, comparado aos níveis de 2005. Em 2023, o Brasil reafirmou o objetivo de alcançar zero emissões líquidas até 2050.

O país ainda precisa compensar as emissões, investindo em fontes de captura de carbono, como o reflorestamento, recuperação de biomas e outras tecnologias (PLANALTO, 2023), onde o objetivo principal é planejar ações estruturadas para tornar a produção desses setores mais sustentável. Isso envolve estratégias que visam reduzir o impacto ambiental, promover práticas responsáveis e garantir a preservação dos recursos naturais. Exemplos do Plano ABC são os sete programas: Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD); Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN); Florestas plantadas; Tratamento de dejetos animais; Adaptação às mudanças climáticas (BRASIL, 2012).

O Brasil tem leis que limitam o crescimento da atividade agropecuária, além de políticas públicas que visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Isso significa que o país está trabalhando para diminuir a quantidade de poluentes liberados na atmosfera, o que é importante para combater as mudanças climáticas. Essas medidas visam tornar a atividade agrícola mais sustentável, ou seja, menos prejudicial ao meio ambiente.

Ao mesmo tempo, o Brasil busca aumentar a rentabilidade dos agricultores, incentivando a produção de forma mais eficiente e ecologicamente correta. Essas ações também estão alinhadas com os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris, que busca limitar o aquecimento global. Portanto, ao adotar práticas mais sustentáveis, o país não só protege o meio ambiente, mas também contribui para o desenvolvimento econômico e social (MORETTI; FERREIRA, 2021).

A diminuição das emissões de carbono na pecuária já não é apenas um desafio, mas uma realidade que está tomando forma através de esforços variados, recursos e investimentos que envolvem produtores, empresas e pesquisadores da área (EMBRAPA, 2023).

## 2.2 REBANHO LEITEIRO

O rebanho leiteiro bovino contou com cerca de 15,7 de vacas ordenhadas no ano de 2023 (CILEITE, 2024), dentre as espécies existentes no país, temos os *Bos taurus* (taurinos) e *Bos indicus* (zebuínos).

Historicamente em meados dos anos 1532, Martim Afonso de Souza desembarcou com 32 bovinos europeus na Colônia Portuguesa, dando origem à pecuária no Brasil. A predominância das raças Caracu e Holandesa fez com que os animais tivessem dificuldades em sua adaptação com o clima tropical, com isso a pecuária não apresentou sucesso e permaneceu por três séculos sem avanços. Entretanto, em 1888, com a Revolução Industrial, foi marcado pela grande expansão do setor pecuário (VILELA, 2023).

Ao passar dos anos, houve a necessidade pela busca de animais selecionados, o qual se fez necessário para melhoria das raças ou cruzamentos (EUCLIDES FILHO, 1999).

### **2.2.1 Principais raças leiteiras**

A escolha da raça ou agrupamento genético para a produção de leite deve considerar o sistema de produção, as práticas de manejo, disponibilidade de alimento, condições climáticas, mercado para escoar a produção, nível tecnológico, escolha da raça a ser utilizada e acesso a reprodutores ou técnicas de reprodução (PEIXOTO et al., 2018).

De acordo com Peixoto et al. (2018) os critérios adotados para escolha da raça em rebanhos leiteiros são de suma importância, como as características morfológicas a serem observadas. Entre elas destacam-se: abertura peitoral, profundidade corporal, ângulo de garupa, aprumos e cascos com bom ângulo.

Além das características relacionadas a um perfeito aparelho mamário (ou úbere) desejáveis nas vacas de leite, bem como: piso do úbere (ser alto para evitar lesões e contaminação de microrganismos; A), inserção firme (ser inserido com firmeza no abdômen e ter boa distribuição dos quartos mamários; B), ligamentos firmes (para garantir vida produtiva longa; C), tetos uniformes (devem ser cilíndricos de maneira a facilitar na hora da ordenha; D), disposição dos tetos (deve ter sua base centralizada, para evitar lesões e facilitar na ordenha; E) e úbere largo (para garantir uma boa armazenagem de leite; F), conforme Figura 1.

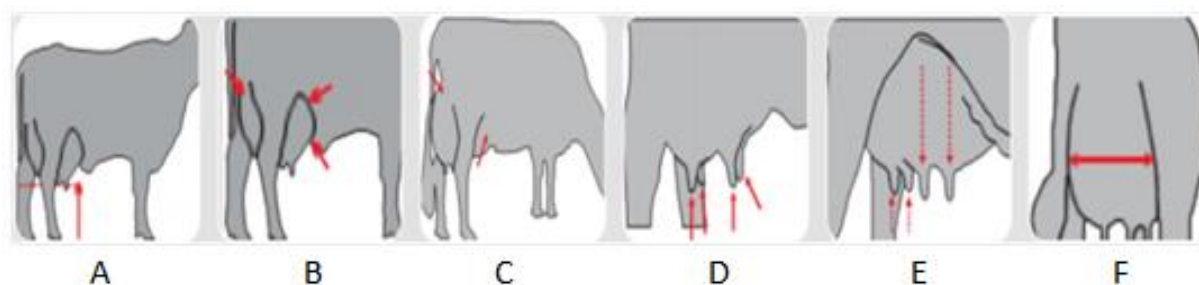


**Figura 1.** Características morfológicas desejáveis nas vacas leiteiras.

**Fonte:** Adaptada de Peixoto et al. (2018).

Na produção de leite, as raças leiteiras com maior expressividade são Holandesas, Jersey, Guernsey, Pardo-suíça, Gir e Guzerá, além das raças sintéticas como Girolando, Pitangueiras, Guzolando e Simbrasil (Tabela 3).

**Tabela 3.** Principais raças leiteiras existentes no Brasil.

| Raças Europeias | Raças Indianas | Raças Sintéticas |
|-----------------|----------------|------------------|
| Holandês        | Gir            | Girolando        |
| Jersey          | Guzerá         | Pitangueiras     |
| Pardo-Suíço     | Sindi          | Guzelando        |
| Guernsey        |                | Simbrasil        |

**Fonte:** Adaptado de Embrapa (2018).

A raça Holandesa se encontra em maior número na região Sul e Sudeste, assim como animais da raça Jersey. A raça Pardo-Suíço concentra cerca de 60% do rebanho na região Nordeste e Sudeste. No entanto as raças Gir, Guzerá e Sindi se adaptam a todas as regiões do Brasil, principalmente nas regiões do semiárido. Dentre as raças com maior expressividade, pode-se avaliar seu potencial produtivo de leite em um período de 305 dias, assim como a duração da lactação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Produção média de leite em 305 dias e duração da lactação (dias) de diferentes raças leiteiras.

| Raças       | Leite em 305 dias (kg) | Duração da lactação (dias) |
|-------------|------------------------|----------------------------|
| Holandês    | 6.712 ( $\pm 1.935$ )  | 305                        |
| Jersey      | 4.500                  | 300                        |
| Pardo-Suíço | 7.125                  | 200                        |
| Gir         | 3.065 ( $\pm 1.815$ )  | 280                        |
| Guzerá      | 2.276 ( $\pm 1.163$ )  | 278                        |
| Sindi       | 2.267                  | 250                        |
| Girolando   | 4.931 ( $\pm 2.282$ )  | 284                        |

**Fonte:** Adaptado de Embrapa (2018).

Assim como a duração da lactação outros indicadores zootécnicos são de suma importância quando se fala em produção de leite, destes podem ser: Percentual de vacas em lactação, Persistência da lactação, Produção média por vaca em lactação, Produção média por vaca total, Produção por lactação e Período seco (EMBRAPA, 2023).

Para se obter o resultado de vacas em lactação será considerado um intervalo entre partos de 12 meses, o qual pode ser obtido por meio de um bom manejo. Calcula-se dividindo o número de vacas em lactação (NVL) pelo número total de vacas no rebanho (NVT) e multiplicando o resultado por 100 (De Campos; De Moraes Ferreira, 2001; EMBRAPA, 2023).

$$VL (\%) = (NVL / NVT) \times 100$$

A produção de leite pode ser descrita por uma curva de lactação, que é dividida em três fases distintas. A primeira fase é a ascendente, que acontece entre o parto e o pico de lactação. A segunda fase mantém-se relativamente constante e ocorre próximo ao pico de lactação. Por fim, a terceira fase é a descendente, que se estende do pico até o final da lactação (COBUCI et al., 2003). A curva de lactação (Figura 2) representa a quantidade de leite produzida diariamente por uma vaca, desde o momento do parto até o período de secagem (SCORSATO; MENARIN; GIOLO, 2014).

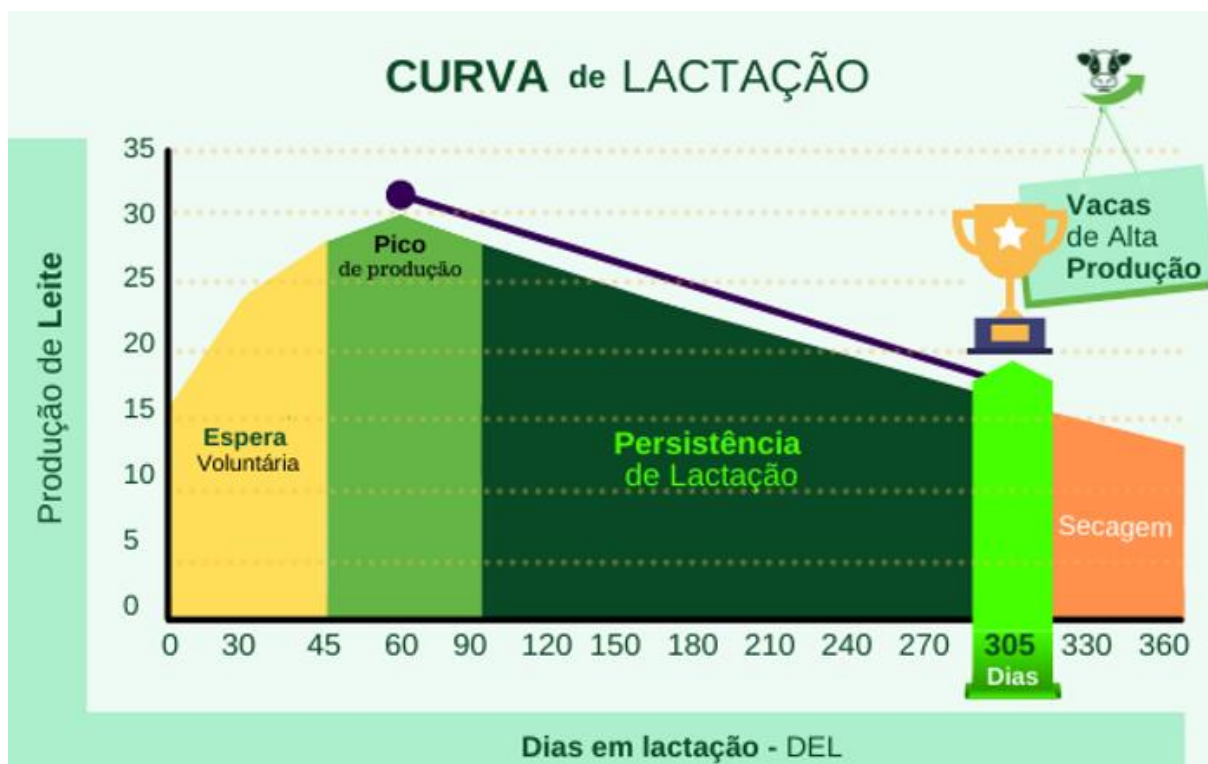


**Figura 2.** Parto, curva de lactação e secagem de uma vaca de leite.

**Fonte:** Mais Leite (2022).

A produção de leite é um indicador econômico fundamental na avaliação de sistemas de produção leiteira. No entanto, períodos de lactação excessivamente longos estão frequentemente associados a uma eficiência reprodutiva reduzida e dependem, sobretudo, de um manejo e nutrição adequados para as vacas, dado que a herdabilidade desta característica é baixa. O ideal é que o período de lactação tenha duração de cerca de 305 dias, permitindo que a vaca tenha um parto anual e um período de descanso de aproximadamente 60 dias, o qual é considerado essencial para a recuperação anatômica e fisiológica da glândula mamária (RANGEL et al., 2009). A duração da lactação é influenciada pela genética (Tabela 4), nutrição e manejo (EMBRAPA, 2023).

A produção média por vaca em lactação e produção média por vaca total, são indicadores que representam a relação entre a produção diária e o número de vacas ordenhadas. Mensurado em litros por vaca lactante por dia, é amplamente utilizado para tomar decisões sobre a saúde, o bem-estar e a alimentação dos animais (OLIVEIRA et al., 2001). Além disso, constitui o primeiro passo para o sucesso financeiro na produção de leite, pois para ser rentável, a vaca precisa produzir uma quantidade de leite que não apenas pague seus custos, mas também proporcione lucro ao produtor (FASSIO et al., 2006). Cálculo, para a produção média por vaca ou produção por vaca total (EMBRAPA, 2023).

$$\text{Produção média/vaca lactação} = \frac{\text{Volume de leite produzido}}{\text{nº de vacas em lactação}}$$

Ou

$$\text{Produção média/vaca total} = \frac{\text{Volume de leite produzido}}{\text{nº de vacas total}}$$

O período seco é o intervalo entre lactações durante a qual as vacas leiteiras não são ordenhadas, preparando-se para a próxima lactação. Geralmente, este período tem a duração de cerca de 60 dias (Figura 2), mas, dependendo de condições específicas de manejo e nutrição, períodos secos mais breves, de até 45 dias, podem ser adequados (SOUZA, 2017; DA SILVA, 2023).

É crucial que a fêmea receba uma alimentação apropriada, possibilitando a formação de reservas corporais essenciais para a futura produção de leite e sua manutenção. A negligência no processo de secagem das fêmeas acarreta prejuízos significativos, como a diminuição da produção de leite na próxima lactação, encurtamento da vida reprodutiva da vaca, intervalos entre partos superiores a 12 meses, nascimento de bezerros fracos e elevação dos problemas de saúde (PEGORARO et al., 2009).

É fundamental evitar que os animais se movimentem excessivamente, especialmente durante o último terço da gestação. Contenções, impactos, correrias e longas caminhadas são fatores que devem ser evitados, pois podem causar abortos traumáticos (FERREIRA et al., 2021).

A adoção de práticas zootécnicas voltadas para a melhoria da qualidade do leite resulta em um diferencial competitivo, refletido no aumento da remuneração por meio de bonificações. Essas práticas contribuem para o aprimoramento dos resultados econômico-financeiros e potencializam a rentabilidade do sistema de produção de leite em questão (JÚNIOR et al., 2015).

### 2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE

O leite é um líquido viscoso secretado pelas glândulas mamárias, é constituído por uma fase líquida e por partículas em suspensão, formando uma emulsão natural estável em determinadas condições. Tem um elevado valor nutritivo e é o único alimento que satisfaz as necessidades nutricionais e metabólicas dos recém-nascidos de todas as espécies mamíferas (SGARBIERI, 2004).

Conforme o Artigo 235, do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. (BRASIL, 2017).

A composição química do leite pode ser basicamente dividida entre elementos sólidos que compõem a fração de 12% a 13% (Extrato Seco Total), e 87% composto por água. No componente sólido estão presentes os carboidratos, gorduras, proteínas e pequenas quantidades de sais minerais e vitaminas (PEIXOTO et al., 2022), conforme verificado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Composição do leite de vaca (%).

| Componente                  | %    |
|-----------------------------|------|
| Água                        | 87,3 |
| Gordura                     | 3,6  |
| Proteína                    | 3,3  |
| Lactose                     | 4,9  |
| Minerais                    | 0,9  |
| Extrato seco desengordurado | 9,1  |
| Extrato seco total          | 12,7 |

**Fonte:** Adaptado de Tronco (2013)

Na Tabela 6, estão presentes os valores (%) mínimos dos parâmetros químicos do leite cru refrigerado preconizados pela Instrução Normativa/MAPA N° 76/2018.

**Tabela 6.** Parâmetros químicos do leite cru refrigerados preconizados pela Instrução Normativa/MAPA N° 76/2018.

| Composição química     | %    |
|------------------------|------|
| Gordura                | 3,0  |
| Proteína               | 2,9  |
| Lactose                | 4,3  |
| Sólidos não gordurosos | 8,4  |
| Sólidos totais         | 11,4 |

**Fonte:** Adaptado de Brasil (2018).

A produção de leite pode variar significativamente dependendo da raça do animal e da espécie. É notável a ampla variação na quantidade de leite produzido, mesmo entre animais da mesma espécie (FARIA et al., 2008). Deste modo, a composição do leite também pode variar entre as espécies, conforme a Tabela 7.

**Tabela 7.** Composição média (%) do leite em diferentes espécies

| Espécie | Componente (%) |         |          |         |
|---------|----------------|---------|----------|---------|
|         | Água           | Gordura | Proteína | Lactose |
| Búfala  | 82,05          | 7,98    | 4,00     | 5,18    |
| Cabra   | 87,54          | 4,20    | 3,70     | 4,00    |
| Égua    | 88,80          | 2,50    | 2,70     | 5,50    |
| Jumenta | 90,45          | 1,55    | 1,70     | 5,80    |
| Mulher  | 88,12          | 4,50    | 1,90     | 5,30    |
| Ovelha  | 80,41          | 6,86    | 6,52     | 5,23    |
| Vaca    | 87,25          | 3,80    | 3,50     | 4,80    |

**Fonte:** Adaptado de Venturini et al. (2007); Penna (2009).

O leite tem em sua composição a lactose, que é o principal carboidrato, composto pelos monossacarídeos glicose e galactose, formando um dissacarídeo (TRONCO, 2013).

A lactose desempenha um papel essencial no controle do volume de leite produzido pela glândula mamária. À medida que remove a água do sangue para equilibrar a pressão osmótica nas glândulas mamárias. A quantidade de água no leite e a quantidade de leite produzido pela vaca dependem da quantidade de lactose secretada pelas glândulas mamárias (EMBRAPA, 2019).

A lactose encontra-se no leite em uma concentração média que varia entre 2 e 8%, dependendo da espécie de origem (BARCELOS, 2022), representa aproximadamente 52% dos sólidos totais do leite desnatado e 70% dos sólidos presentes no soro do leite (NAJAS et al., 2007).

Dois tipos principais de proteínas estão presentes no leite, a caseína, que representa 80%, e as proteínas presentes no soro do leite, com 20%. Duas proteínas, das quatro proteínas, presentes no soro são sintetizadas nas glândulas mamárias, que incluem a  $\beta$ -lactoglobulina e a  $\alpha$ -lactalbumina, enquanto as outras duas têm origem sanguínea, sendo a albumina sérica e as imunoglobulinas (OHI et al., 2010).

Aproximadamente 95% da caseína no leite encontra-se na forma de partículas coloidais chamadas micelas, que são responsáveis pela estabilidade térmica do leite (FOX; BRODKORB, 2008). As micelas de caseína têm aproximadamente 200 nm de diâmetro e são compostas por moléculas de caseínas, sais (predominantemente fosfato de cálcio) e água (SILVA et al., 2019).

A caseína representa 80% da proteína total do leite, além de ser o principal componente secretado pelas células da glândula mamária, é categorizada em quatro grupos:  $\alpha$  s1,  $\alpha$  s2, beta e kappa (RAHIMI et al., 2015; DA SILVA; MONTEIRO, 2021). As  $\alpha$  s1 representam cerca de 38%, as  $\alpha$ s2-caseínas representam 10% do total de caseínas (SILVA et al., 2019), aproximadamente 30% são  $\beta$ -caseína e 10% kappa-caseína (ZANCANARO; CRUZ, 2021). Essa fração é dependente da genética do animal.

A  $\beta$ -caseína possui variantes (A1 e A2), sendo assim, de acordo com a genética do animal expressas no leite em: leite A1, onde haverá apenas  $\beta$ -caseína tipo A1; leite A1 e A2, uma combinação de  $\beta$ -caseína A1 e A2; e o leite A2, que conterá apenas  $\beta$ -caseína do tipo A2 (BARBOSA et al., 2019; BEAVERS; VAN DOORMAAL, 2016), conforme Figura 4.

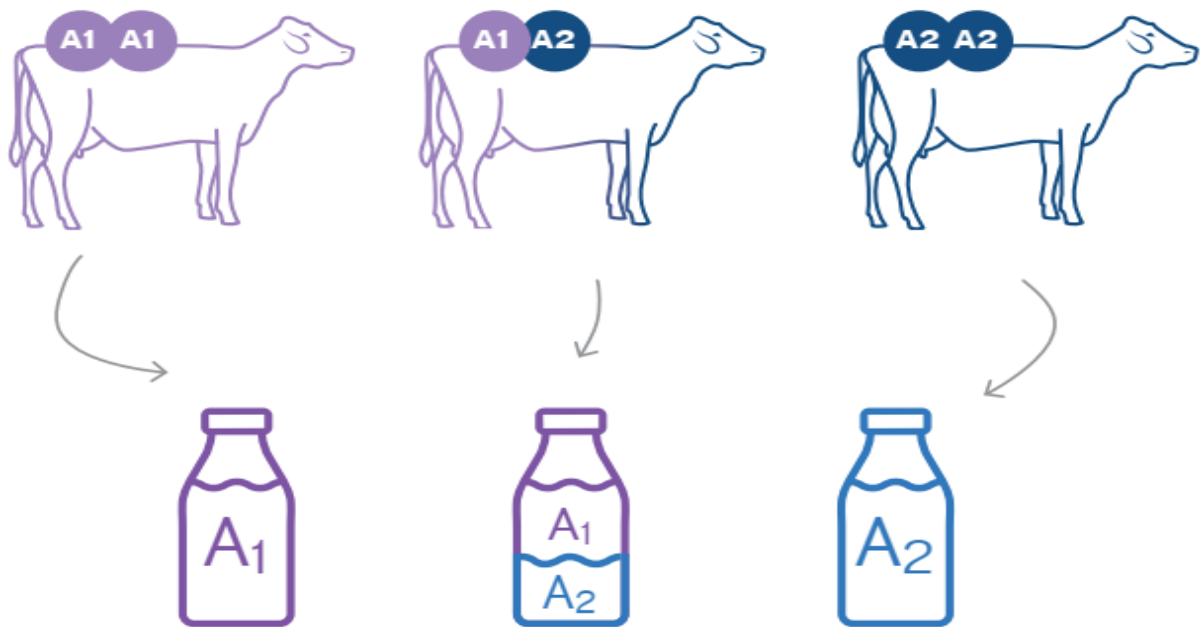


**Figura 4.** Genótipos diferentes expressos pelas vacas leiteiras.

**Fonte:** Revista leite integral (2019).

A gordura do leite se apresenta em forma de pequenos glóbulos, suspensos na fase aquosa. Os glóbulos de gordura se encontram protegidos por uma camada formada por um componente da gordura denominado fosfolípido (TRONCO, 2013). A maior parte da gordura do leite é constituída por triglicerídeos (97-98%), ácidos graxos, fosfolípidos e esteróis. A fração gordurosa do leite atua como transportadora de substâncias lipossolúveis, incluindo vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K), colesterol e carotenoides, que dão ao leite sua tonalidade amarelo creme (EMBRAPA, 2021).

Os minerais presentes no leite representam uma excelente fonte da maioria dos minerais essenciais para o desenvolvimento dos jovens. O cálcio e o fósforo, particularmente, apresentam alta disponibilidade no leite devido à associação com a caseína. O leite é uma fonte ideal de cálcio para o crescimento ósseo em jovens e para a manutenção da saúde óssea em adultos, enquanto o conteúdo de ferro é baixo (PAULA, 2019).

No caso da composição dos sólidos totais do leite, seu teor está relacionado com vários fatores, incluindo nutricionais (relação de volumoso: concentrado na dieta), ambientais (pasto ou confinamento; condições climáticas; manejo), além da raça, idade, estágio de lactação e condições patológicas (MILANI, 2011).

Dentre estes fatores, com destaque no nutricional, os alimentos constituem um dos componentes mais onerosos da indústria, podendo representar até 70% dos custos de produção. O custo da produção está relacionado justamente com a compra de grãos para formulação das dietas (GOES, 2013).

A nutrição é um dos principais fatores que influenciam a qualidade do leite e exige uma dieta com valores nutricionais balanceados (LEIRA et al., 2018). Atualmente, o uso de alimentos volumosos na dieta é extremamente importante, pois além de contribuírem para a redução de custos, também favorecem o metabolismo do animal e, conseqüentemente, estimulam a produção de leite (ROSA, 2019).

A fibra desempenha um papel crucial na estimulação da ruminação, produzindo saliva e tamponantes, e sua fermentação gera principalmente ácidos acéticos e butíricos (BIANCHINI et al., 2007). As forragens são ricas em fibra, que podem apresentar baixo valor nutricional. Para animais de alta produção, a suplementação via concentrados é necessária para atender o requerimento nutricional.

Dietas mal balanceadas podem levar a problemas metabólicos e redução do teor de gordura no leite. O excesso e/ou a má qualidade da fibra diminuem a ingestão de matéria seca devido ao preenchimento rápido do rúmen e à baixa taxa de passagem, limitando a produção leiteira. Inversamente, a insuficiência de fibra pode resultar em consequências que afetam além do teor de gordura do leite, bem como, a manutenção do ambiente ruminal (PERES, 2001; MERTENS, 1996).

A gordura é o componente mais afetado pela dieta, em que dietas ricas com alto teor de fibras de alta qualidade elevam o teor de gordura, pois a fibra está associada à produção de acetato no rúmen, precursor da gordura do leite (COSTA et al., 2009; PERES, 2001). Em comparação, a proteína é menos influenciada pela alimentação. A produção e absorção

insuficientes de proteína microbiana pelo animal resultam em menores níveis de proteína no leite.

A composição química e a digestibilidade dos nutrientes são cruciais, pois não é suficiente apenas que a forragem seja consumida pelo animal, é necessário que o animal consiga digerir eficientemente. Forrageiras nutritivas fornecidas em quantidades ideais são essenciais para alcançar alta produtividade por área em sistemas de produção de leite.

Em estudo, Ribeiro Filho et al. (2009) avaliaram o efeito de duas ofertas de forragem (25 e 40 kg MS/vaca/dia) sobre o consumo e a produção de leite em vacas pastejando azevém-anual com qualidade elevada (maior que 15% de PB e aproximadamente 50% de FDN). Observaram que os teores (g/kg) de gordura e proteína se mantiveram inalterados com valores médios de 33,5 e 28,6 g/kg, respectivamente. Em relação a produção de leite, bem como a produção de gordura e a produção de proteína, foram significativamente maiores nos animais que receberam uma alta oferta de forragem (RIBEIRO FILHO et al., 2009).

Conforme Alothman et al. (2019), ao avaliar o impacto da alimentação a pasto na composição e qualidade do leite bovino e comparar o efeito da alimentação a pasto e a Total Mixed Ration (TMR), observou resultados significativos no leite de vacas que se alimentam à base de forragem, demonstrando maior teor de gordura e proteína em comparação com o leite proveniente de sistemas TMR.

Em estudo, Faria et al. (2014) avaliaram a influência do sistema de produção de vacas holandesas nos parâmetros de composição do leite. Neste estudo, os sistemas de produção foram: pasto, pasto mais concentrado e confinamento. Os valores médios para os parâmetros nos teores de gordura (3,04%), sólidos (11,11%) e lactose (4,31%) mostraram-se similares, não variando conforme o sistema de produção, preconizados pela Instrução Normativa/MAPA Nº 76/2018.

Ainda no estudo de Faria et al. (2014), os resultados com os teores de proteína observados nos sistemas de produção avaliados foram inferiores nos animais que se alimentam exclusivamente de pastagem (2,87%), semelhante àqueles que ficaram confinados (2,94%), e superior para os animais que permaneceram no pasto com suplementação de concentrado (3,12). Conforme Tabela 8.

**Tabela 8.** Avaliação dos parâmetros do leite bovino em diferentes sistemas de produção.

| Sistemas de Produção   | Parâmetros |          |
|------------------------|------------|----------|
|                        | Gordura%   | Lactose% |
| Pasto                  | 3,09       | 4,33     |
| Pasto mais concentrado | 2,97       | 4,27     |
| Confinamento           | 3,05       | 4,34     |

**Fonte:** Adaptado de Faria et al. (2014).

Dentre os fatores que influenciam a produtividade das vacas leiteiras, está o estresse térmico causado por mudanças climáticas ou ambientes inadequados para as vacas. Tais mudanças são significativas para a vida do animal. Sistemas que oferecem mais conforto aos animais (bem-estar), proporcionam ao mercado produtos de alto valor agregado, satisfazendo consumidores exigentes, que se preocupam com as condições de criação desses animais (DA SILVA; VITAL, 2021).

Outro fator importante que pode alterar a produção e a composição do leite é a genética dos animais. Em um estudo, Glória et al. (2006) avaliaram 822 vacas mestiças (1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Gir), em que um dos objetivos foi avaliar a influência da composição genética sobre a produção de leite por dia de intervalo de partos. Verificaram que para esta variável, vacas 7/8 Holandês-Gir tiveram destaque com produção média de 11,0kg/dia, superior a vacas 3/4 (10,6 kg/dia) e 1/2 (9,0 kg/dia). Os autores destacam que esse comportamento se deve as condições ambientais, juntamente com as práticas de manejo, não terem sido restritivas para que as vacas com alta proporção genética da raça Holandesa manifestassem seu pleno potencial produtivo de leite.

Em relação a influência da genética na composição do leite, pode ser verificado no trabalho de Ludovico et al. (2019) que a concentração de componentes do leite foi maior em vacas Jersey. Conforme verificado nos resultados para sólidos totais, o maior teor foi na raça Jersey (13,57% de sólidos totais) e os menores teores na Holandesa (12,00% de sólidos totais), e valor intermediário na raça girolando (12,56%). Apenas para o teor de lactose, foi maior na raça holandesa (com valor médio de 4,56% lactose) ao comparar com as demais raças (4,47% e 4,52% na Jersey e nos genótipos de Girolando, respectivamente).

O estágio de lactação pode influenciar na composição do leite (DOBRANIĆ et al., 2008). Cabral et al. (2016), ao compararem a composição físico-química do leite in natura de vacas mestiças em diferentes níveis de produção, influência da ordem de parição e estágio de lactação

na composição química do leite de vacas de alta produção, observaram que o estágio de lactação influenciou a composição do leite. Os dados obtidos indicaram que a maior parte dos componentes físico-químicos estava elevada no final da lactação, especialmente em vacas com mais de 316 dias de idade. Esses resultados destacam a necessidade de cuidados adequados e a importância de um período de descanso de aproximadamente 60 dias para a recuperação da glândula mamária.

## 2.4 CONSUMO DE LEITE E DERIVADOS

O leite é um dos produtos agropecuários com maior utilização no mundo, estando entre os cinco produtos mais comercializados na atualidade, tanto em volume como em preço.

Segundo IBGE, em 2023 foram produzidos 6.318.682 litros de leite cru, resfriado ou não, adquirido e 6.308.560 litros de leite cru, resfriado ou não, industrializado (IBGE, 2024). Além de ser um alimento essencial, o leite também tem um papel significativo na sociedade, especialmente na geração de empregos (EMBRAPA, 2003).

O consumo de leite e derivados sempre foi recomendado por médicos e nutricionistas isso porque o leite é um alimento extremamente nutritivo e uma fonte rica de minerais, gorduras, aminoácidos e vitaminas, essenciais para que as pessoas alcancem a ingestão diária recomendada de nutrientes (ALOTHMAN et al., 2019). O consumo regular de leite e dos produtos derivados é assegurado por pessoas que buscam suplementos nutricionais em sua dieta, por ser um alimento perfeitamente completo (MUNIZ et al., 2013).

No Brasil, as indústrias de laticínios são o segundo segmento mais importante da indústria de alimentos. O produto lácteo mais consumido no País é o leite longa vida, ou popularmente conhecido como “leite de caixinha”, trata-se de um tipo de leite que passa por um processo de pasteurização conhecido como, ultra-alta temperatura (UHT), do inglês Ultra High Temperature, o qual consiste em aquecer o leite a uma temperatura alta por um curto período de tempo para destruir os microrganismos existentes.

Em média, no ano de 2023, o consumo aparente per capita foi de 133 L/habitante por ano, valor este considerado baixo quando comparado com outros países, como por exemplo, o Uruguai com consumo per capita de 275 L/ ano/ habitante (Embrapa, 2024). De acordo com Siqueira (2019), a limitação no consumo de leite e derivados está relacionada justamente com a renda da população.

Uma pesquisa realizada pelo IBGE (2008), sobre orçamentos familiares avaliou-se a população brasileira consumidora de leite em duas faixas de renda: os que ganham até R\$ 1.245,00 mensais, e aqueles que recebiam mais de R\$ 4.150,00 mensais, em diferentes regiões. Com o resultado da pesquisa, foi possível revelar que a média nacional de consumo foi de 30,6 kg per capita para a faixa de menor renda e de 63,6 kg per capita para a faixa de maior renda. Com isso, é possível confirmar que o poder aquisitivo foi determinante sobre o consumo de leite.

Além do poder aquisitivo, outro fator limitante para o consumo de leite está relacionado aos chamados de “intolerantes ao leite de vaca” e os alérgicos. Esses termos podem ser confundidos quanto ao conceito, e até mesmo trocados quando se trata em diferenciar intolerância à lactose, e alergia à proteína do leite, mas são dois conceitos distintos, mas que ainda são confundidos na sociedade.

Alergia à proteína do leite de vaca (APLV) é uma reação do sistema imune do organismo contra as proteínas do leite (como a  $\alpha$ -lactoalbumina,  $\beta$ -lactoglobulina e caseína) (PINTO et al.; 2015). Conforme Gasparin et al, (2010), alergias alimentares impactam o sistema imunológico, desencadeando ações contra o antígeno causador e resultando em sinais e sintomas após a ingestão do alimento.

Neste contexto, o agente causador são as proteínas encontradas no leite e seus derivados. As proteínas do leite de vaca, como caseína,  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactalbumina, imunoglobulinas, são as substâncias responsáveis por essas reações. Embora sejam componentes dos alimentos e geralmente sejam digeríveis pelo corpo, em alguns casos o sistema imunológico não as reconhece, levando a alergias. Quando isso ocorre, a condição é diagnosticada como alergia à proteína do leite de vaca, exigindo terapia nutricional adequada (GASPARIN et al., 2010).

O período de ocorrência geralmente se inicia em crianças e bebês, e seus sintomas são vômitos, cólicas, dor abdominal, constipação, fezes com sangue e perda de peso. Seu diagnóstico requer acompanhamento médico e necessita de exames laboratoriais, incluindo: teste de pele, teste de sangue e teste oral (DA SILVA et al., 2022).

No entanto a intolerância à lactose (IL) é uma condição causada pela deficiência da enzima que digere a lactose, o açúcar presente no leite, e não afeta o sistema imunológico. Os sintomas dessa condição podem ser semelhantes aos da alergia à proteína do leite, o que pode levar a confusões (PRAY, 2000).

A intolerância à lactose ocorre devido a uma deficiência na digestão e absorção desse açúcar, causada pela redução da atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase, também chamada de

lactase, responsável por quebrar a lactose em glicose e galactose (PINTO et al., 2015). Pessoas intolerantes à lactose não conseguem digerir essa substância, o que impede sua absorção pelo intestino delgado (PEIXOTO et al., 2022).

Os sintomas de intolerância à lactose geralmente começam de 30 minutos a 2 horas após a ingestão de alimentos que contêm lactose (BATISTA et al., 2018). Comumente, as pessoas desenvolvem a intolerância à lactose à medida que envelhecem, os sintomas são indigestão, distensão abdominal, dor abdominal, flatulência, náusea e diarreia. O diagnóstico também requer exames médicos realizados pelo gastroenterologista, ou clínico geral, mas como primeira ação para amenizar a sintomatologia é a retirada dos alimentos com lactose (DA SILVA et al., 2022).

Na atualidade o leite denominado A2 tem se apresentado nos mercados do Brasil e do mundo, sendo este indicado próprio para o consumo de leite por pessoas com algum desconforto gastrointestinal, principalmente causado pela alergia à proteína do leite. Além de existirem atualmente inúmeros produtos lácteos também “zero lactose” para pessoas com intolerância à lactose (BARBOSA et al., 2019).

Em estudo Jianqin et al. (2015), compararam o consumo de leite A1 e A2. Essa análise indicou que o leite contendo tanto a  $\beta$ -caseína A1 quanto a A2 estimulava sintomas gastrointestinais e aumentava os sinais de inflamação intestinal. Adicionalmente, foi constatado que quando os participantes trocaram o leite com  $\beta$ -caseína A1 e A2 pelo leite que contém apenas  $\beta$ -caseína A2, 36,4% tiveram uma melhora na inflamação do intestino delgado e 22,7% apresentaram melhora na inflamação estomacal.

É importante enfatizar que o consumo de leites em geral por indivíduos com Intolerância a lactose incluindo aqueles provenientes de vacas com genótipo A2A2, pode representar riscos à saúde, levando a reações adversas sérias que variam desde erupções cutâneas até choque anafilático (ANVISA, 2021).

## 2.5 REBANHOS GENETICAMENTE SELECIONADOS

O melhoramento genético dos animais teve início com a domesticação dos animais. Antes do século XVIII, a criação de animais era realizada empiricamente, sem critérios seletivos definidos. Os criadores acasalavam os animais baseando-se em características morfológicas de

interesse, sem fundamentação científica para a escolha dos reprodutores (MARTINS et al., 2019).

Conforme os primeiros registros de trabalho no Brasil contido no livro "As Raízes Leiteiras", pelo historiador João Castanho Dias, relata a produção do primeiro leite de vaca em uma fazenda perto do Recife, no ano de 1641 (SANCHES, 2023).

Os trabalhos com a seleção dos animais levaram a modificações no perfil genealógico dos animais, como por exemplo a mutação genética ocorrida com a proteína do leite entre 5.000 e 10.000 anos atrás. De acordo com relatos científicos, por milhares de anos a proteína original presente no leite do gado domesticado era a  $\beta$ -caseína A2, porém a  $\beta$ -caseína A1 se espalhou com a criação de animais e a migração de rebanhos para ampliar a produção de leite, e passou a ser a principal proteína do leite (BARBOSA et al., 2019; BODNÁR et al., 2018). Acredita-se que essa tenha sido uma mudança significativa na colônia humana.

Para que se faça um melhoramento genético das espécies, pontos alternativos são levados em consideração como, seleção de animais de melhor adaptação ao clima, resistência a doenças e características produtivas (CARNEIRO JUNIOR, 2009).

A genotipagem é um teste feito para identificar os animais A2A2 e pode ser realizado através da análise genética, que examina amostras biológicas, como sangue ou folículos pilosos de animais, para o laboratório, onde se procede à extração do DNA (SOUSA, 2022).

Os produtores ou criadores que desejam animais com essa genética do genótipo A2A2 em seus rebanhos deverão utilizar este teste como base, e quanto à inseminação artificial (IA) ele valerá para as matrizes assim como para os touros doadores (ZANCANARO; CRUZ, 2021).

Os animais que apresentam o gene A2A2 são identificados e selecionados para obter um rebanho formado unicamente por indivíduos com esse genótipo (ALMEIDA, 2022). No entanto, a escolha dos touros que serão utilizados na IA é de suma importância. Por isso os diversos catálogos de Centrais de venda de sêmen já incluem a descrição do gene para A1 ou A2, dos touros.

O sumário de touros (Figura 5) é uma publicação que ocorre periodicamente, divulgando os resultados das avaliações genéticas tanto de touros em teste quanto de vacas de rebanhos envolvidos em programas de melhoramento. Constitui-se como uma ferramenta valiosa e informativa para o avanço das raças por meio de seleção e cruzamentos (NEIVA, 2017). O sumário apresenta os valores genéticos dos animais para uma variedade de características, e entender essas informações corretamente é fundamental para selecionar os animais mais apropriados para cada rebanho (EMBRAPA, 2022).



**GIR LEITEIRO - A2A2**  
Criador: José de Castro Rodrigues Netto  
Nascimento: 10/10/2000 Registro: FBGO-459

**GIR LEITEIRO - A2A2**  
Criador: José de Castro Rodrigues Netto  
Nascimento: 10/10/2000 Registro: FBGO-459



| Sumário ABCGIL/ABCZ/EMBRAPA |              |           |              |                |
|-----------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------|
| Avaliação                   | PTA Leite Kg | Conf. (%) | Nº de Filhas | Nº de Rebanhos |
| 2023                        | 295          | 89        | 40           | 21             |

|                                                             |                                                       |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>FB RADIANO FBGA-5166</b><br>PTA Leite: +186 Kg Conf. 94% | <b>FB CADARSO B-32</b><br>PTA Leite: +75 Kg Conf. 99% |
| <b>FB JATIÚCA X-8281</b><br>374 dias 6.449 Kg Leite         | <b>FB IMBAÚBA D-148</b><br>372 dias 8.646 Kg Leite    |
|                                                             | <b>FB CADARSO B-32</b><br>PTA Leite: +75 Kg Conf. 99% |
|                                                             | <b>FB TALA U-427</b><br>329 dias 4.720 Kg Leite       |

**Figura 5.** Catálogo de venda de sêmen da Empresa Accelerated genetics.

Fonte: AG Brasil (2024).

Porém, a informação sobre o touro cujo sêmen será utilizado na fertilização não é suficiente. As vacas do rebanho também devem ser genotipadas, ou seja, é necessário identificar no material genético de um indivíduo se o animal é homozigoto (possui os dois alelos) para a

produção de leite A2. O ideal é que as vacas A2A2 sejam selecionadas, para que, ao serem inseminadas por um touro A2A2, tenham 100% de suas novilhas com alelos A2A2 (NEIVA, 2017).

## 2.6 COMPARAÇÃO ENTRE LEITE TIPO A1 E A2

O leite de vaca é o mais consumido no Brasil e em diversos países. O leite tipo A1 contém exclusivamente a  $\beta$ -caseína A1 ou uma combinação das  $\beta$ -caseínas A1 e A2. Por outro lado, o leite tipo A2 possui somente  $\beta$ -caseína A2 (FERREIRA et al., 2024).

A distinção entre  $\beta$ -caseína A1 e A2 deve-se a uma única troca de aminoácido na cadeia proteica. O tipo A1 tem um resíduo de histidina na posição 67, enquanto o tipo A2 tem um resíduo de prolina na mesma posição (BARBOSA et al., 2019; KAY et al., 2021) (Figura 6). Essa sutil alteração pode parecer inofensiva, porém provoca mudanças na digestão da molécula que têm consequências importantes (VARGAS, 2023).

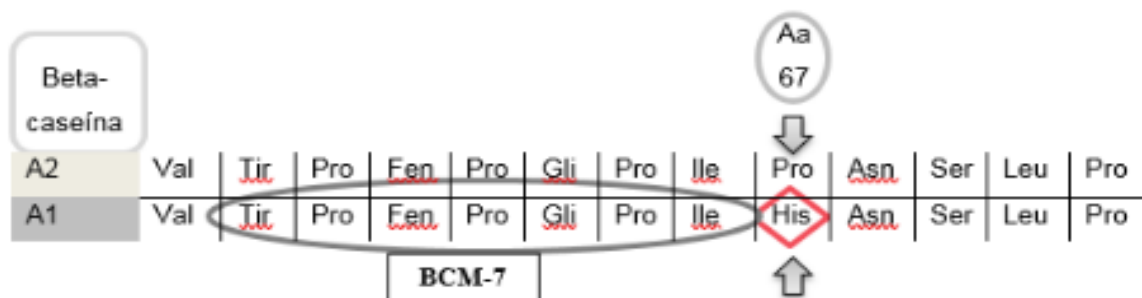


**Figura 6.** Diferença do aminoácido da  $\beta$ -caseína A1 e A2 e a sua consequente quebra e liberação de BCM-7.

**Fonte:** Barbosa et al. (2019).

O peptídeo bioativo denominado  $\beta$ -casomorfina-7 (BCM-7) origina-se da clivagem da proteína  $\beta$ -caseína, encontrada predominantemente no leite de vaca. Esse processo de clivagem específico acontece durante a digestão, momento em que as enzimas do trato gastrointestinal decompõem a  $\beta$ -caseína em fragmentos menores, resultando, entre outros peptídeos, o BCM-7 (BARBOSA et al., 2019).

Durante a digestão gastrointestinal, a beta-caseína A1 em humanos pode liberar beta-casomorfina-7, um opioide com potenciais efeitos adversos na saúde, associado a doenças como

diabetes mellitus tipo 1, doença cardíaca isquêmica, arteriosclerose, síndrome da morte súbita infantil, autismo e esquizofrenia (CORBUCCI, 2017).

A digestão gastrointestinal da  $\beta$  caseína A1 através da degradação proteolítica com a ajuda de diferentes enzimas como pepsina, tripsina, alcalase, quimotripsina, pancreatina e termolisina libera a  $\beta$ CM-7 no epitélio intestinal, que devido ao seu baixo peso molecular, atravessa a barreira hematoencefálica e distribui-se em vários órgãos e tecidos do corpo incluindo ouvido, cérebro, pâncreas e rins (SOUSA, 2023), além de desconforto gastrointestinal e aumento do tempo de trânsito intestinal.

Por outro lado, a beta-caseína A2 não apresenta esses efeitos devido à sua composição e metabolismo distintos, podendo inclusive influenciar positivamente as características produtivas do leite (RISTANIC et al., 2020). Estudos recentes têm se concentrado em entender os efeitos positivos desses peptídeos na saúde humana (DE NONI et al., 2009).

Pesquisas anteriores sobre as variantes de  $\beta$ -caseína A1 e A2 relataram diferenças na produção de leite entre raças comuns e as frequências genéticas (alélicas) de raças locais. A frequência do alelo A2 tende a ser menor nas raças taurinas, com exceção da raça Guernsey, onde varia de 0,88% a 0,97% (BARBOSA et al., 2019; LIMA, 2019).

Em um estudo realizado por Hohmann et al. (2021), dois grupos de bezerros neonatos foram alimentados com leite A1 e A2. Observou-se que os bezerros que consumiram leite A1 ingeriram uma quantidade maior de leite, com média de 7,28 L/dia, em comparação aos bezerros que receberam leite A2, com média de 6,96 L/dia. Ao longo das três primeiras semanas de vida, a diferença acumulada no consumo de leite entre os grupos foi de 6,51 L, sendo 151,83 L para os bezerros A1 e 145,32 L para os A2. Além disso, a taxa de conversão do leite, que relaciona o consumo de leite ao ganho de peso, mostrou-se maior para os bezerros A2, com valores de 10,5, e com 9,2 para os bezerros A1. Uma possível explicação para a menor ingestão de leite pelos bezerros A2 é que o leite A2, contendo  $\beta$ -caseína A2, possui um conteúdo proteico mais elevado.

Estudos em vacas que possuem as variantes alélicas A1 e A2 da  $\beta$ -caseína demonstraram que aquelas com o alelo A2 têm um aumento na produção de leite e um menor conteúdo de gordura em comparação com as vacas com o alelo A1. Quanto à produção de proteína, foi demonstrado que vacas com o genótipo A2A2 têm um rendimento proteico 2,2% maior do que aquelas com o genótipo A1A1 (MARINO; VITAL, 2019).

## 2.7 CERTIFICAÇÃO

O selo de certificação, define um conjunto de padrões para a diferenciação da produção, a inspeção de fazendas e laticínios, e a rastreabilidade. Isso inclui brincos aprovados, lotes e ordenhas separados, tanques de armazenamento dedicados com suas válvulas e conexões para prevenir o contrafluxo de leite de vacas não genotipadas, e procedimentos de limpeza para instalações, equipamentos e utensílios (BEBA MAIS LEITE, 2020).

Em 2019, a Integral Certificações lançou o Selo VACAS A2A2, assegurando a origem e a rastreabilidade do leite A2 por meio de uma certificação independente. Para reforçar a transparência e a integridade do processo, um acordo de cooperação foi estabelecido com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). O selo é atribuído pela Integral Certificações após auditorias independentes realizadas por uma certificadora associada ao programa (CNA BRASIL, 2023).

O programa de certificação das vacas A2A2 foi desenvolvido para garantir que fazendas e indústrias com certificação possam produzir e vender produtos lácteos de vacas com genótipo A2A2. A certificação confirma que os produtos lácteos certificados contêm exclusivamente caseína A2 (FAIRFOOD, 2024).

A certificação está disponível para produtores rurais e indústrias, exigindo a adesão às normas definidas no protocolo VACAS A2A2. O selo vacas A2A2 (Figura 7).



**Figura 7.** Selo de certificação de vacas A2A2.

**Fonte:** Beba mais leite (2019).

No Quadro 1 está a relação de estabelecimentos atualmente certificados e autorizados a usar o Selo VACAS A2A2 em produtos derivados do processamento de leite A2, de acordo com a FairFood (Integral Certificações LTDA; 2023), que é proprietária dos direitos intelectuais do programa de certificação Vacas A2A2.

**Quadro 1.** Estabelecimentos certificados com selo A2.

| EMPRESA                                | LOCALIDADE                                                                                          |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agrindus - Letti                       | Fazenda Santa Rita, S/N, Zona Rural, Descalvado (SP)                                                |
| Agronelli - Porto Real                 | Rodovia BR 050, S/N, Distrito Industrial II, Uberaba (MG)                                           |
| Agropecuária Paraíso - Fiore           | Rodovia Florentino Nicolau Corteletti, S/N, Santo Antônio do Canaa, Santa Teresa (ES)               |
| Fazenda Bom Retiro - Muai              | Estrada do Bom Retiro, S/N, Caixa Postal 40, Bom Retiro, Pouso Alto (MG)                            |
| Fazenda Colorado - Xandô               | Rodovia Anhanguera, KM 177,65, Água Branca, Araras (SP)                                             |
| Italac                                 | Avenida Senador Flávio Carvalho Guimarães, 8707, Boa Vista, Ponta Grossa (PR)                       |
| Laticínio Fazenda do Lírio - Purolatte | Estrada Bolocos 1 e 2 Seccao Famoso Linha Cruzinhas, S/N, Linha Cruzinhas, São Miguel do Oeste (SC) |
| Piracanjuba                            | Rodovia GO 020, KM 46, S/N, Zona Rural, Bela Vista de Goiás (GO)                                    |
| Piracanjuba                            | Rua Bahia, 100, Vila Santa Maria, Araraquara (SP)                                                   |
| Polilac                                | Rodovia BR 423, S/N, Anexo B KM 90, Zona Rural, Garanhuns (PE)                                      |
| Queijaria Artesanal Lininho            | Rodovia GO 139 Alexania a Corumba, KM 14 a esquerda, S/N, Zona Rural, Alexania (GO)                 |
| Sabor e Vida                           | Rodovia CE 455, S/N, KM 10 Galpão 002, Amanari, Maranguape (CE)                                     |

**Fonte:** Adaptado de FairFood (2023).

Para fazendas que desejam certificar seus animais, a genotipagem é o passo inicial, que permiti identificar quais possuem o genótipo A2A2. No Brasil, diversos laboratórios realizam esse teste (Quadro 2). É fundamental escolher um laboratório confiável (credenciados), que empregue métodos de genotipagem para beta caseína reconhecidos pelo Inmetro, assegurando assim a precisão e confiabilidade dos resultados.

**Quadro 2.** Laboratórios que realizam testes de genotipagem.

| LABORATÓRIO                                        | LOCALIZAÇÃO                                                 | TESTE REALIZADO                                                                           |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genealógica                                        | Belo Horizonte, MG                                          | DNA de bovinos e equinos                                                                  |
| Laboratório de genética do Instituto de Zootecnia  | Nova Odessa, SP                                             | Análises por PCR em tempo real, a partir de amostras de pelo, sangue ou leite.            |
| Linhagem Produtos e Serviços em Biotecnologia LTDA | Belo Horizonte, MG                                          | Especializada em exames de identificação genética animal.                                 |
| Loci Genética Laboratorial                         | Lagoa Santa, MG                                             | Genotipagem para os subtipos A1A1, A1A2 e A2A2 no pelo contendo bulbo capilar.            |
| Igenity® Milk Proteins/Neogen                      | Lansing, Michigan, USA                                      | Proteína do leite (beta caseína A2, beta caseína AB, kappa caseína e beta lactoglobulina) |
| Raça                                               | Goiânia, GO                                                 | Método de SNP                                                                             |
| VRGEN                                              | Araçatuba, SP                                               | Genotipagem utilizando pelo                                                               |
| Clarifide/Zoetis                                   | Possui laboratórios em várias localidades ao redor do mundo | Amostras de DNA dos animais, geralmente através de amostras de pelos ou tecidos.          |

**Fonte:** Adaptado de FairFood (2022).

O custo para se obter a genotipagem varia de R\$30,00 a R\$70,00 por animal, com esses dados, pode-se estimar a produção de leite A2 na propriedade (FAIRFOOD, 2022).

A identificação da genotipagem dos animais pode ser realizada através da coleta de sangue (ALVES et al., 2021) ou do pelo, retirado da cauda do bovino.

Assim Pereira et al. (2024), em estudo, objetivou padronizar o método de genotipagem PCR-RFLP (restriction fragment length polymorphism), com os testes de genotipagem de uma empresa terceirizada, e assim verificar sua coincidência. O estudo contou com nove vacas leiteiras da raça girolando, foram coletadas amostras de cinco ml de sangue da veia jugular de cada animal. As amostras coletadas foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo e, em seguida, transportadas para o Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual de Montes Claros, onde permaneceram em um freezer a -20°C até o momento de realizar a genotipagem. Foram identificadas seis amostras com o genótipo A2A2 e três com o genótipo

A1A1 para o gene  $\beta$ -caseína. Esse resultado demonstrou uma coincidência de 100% entre os resultados obtidos pelo método PCR-RFLP e a genotipagem comercial (PEREIRA et al., 2024).

Em estudo Sousa (2023), utilizou 51 vacas mestiças Holandês x Gir para genotipagem e identificação das variantes A1 e A2 da  $\beta$ -caseína, utilizando DNA extraído de folículos pilosos. Os fios de cabelo foram coletados da cauda, selecionando-se de 15 a 25 fios, e puxados com cuidado para manter os bulbos intactos. Após a coleta, os fios foram acondicionados em envelopes identificados e mantidos em temperatura ambiente até o envio ao Instituto de Zootecnia em Nova Odessa-SP, onde foi realizada a extração de DNA e a genotipagem subsequente.

Dos 51 animais genotipados, 1% mostrou homozigose para o alelo A1, 27% para heterozigose (A1A2) e 70% para homozigose do alelo A2. Em termos de frequência alélica, o alelo A1 apresentou 16% e o alelo A2, 84%. As frequências alélicas indicam uma predominância do alelo A2 sobre o A1 em animais mestiços, bem como uma maior prevalência do genótipo A2A2 em comparação com A1A1 e A1A2 (SOUSA, 2023; DE LIMA, 2014).

Atualmente existe no mercado um teste rápido “kit leite-A2” que pode ser utilizado para identificação dos animais A2, desenvolvido pela Scienco Biotech (Figura 8). Para esse teste, utiliza-se gotas de leite adicionadas aos tubos que contêm os diluentes, após aguardar vinte minutos é realizado a leitura uma linha indica leite do tipo A1, enquanto duas linhas indicam leite do tipo A2. O custo com o teste rápido varia de R\$50 a R\$70,00 por animal (SCIENCO BIOTECH, 2024).

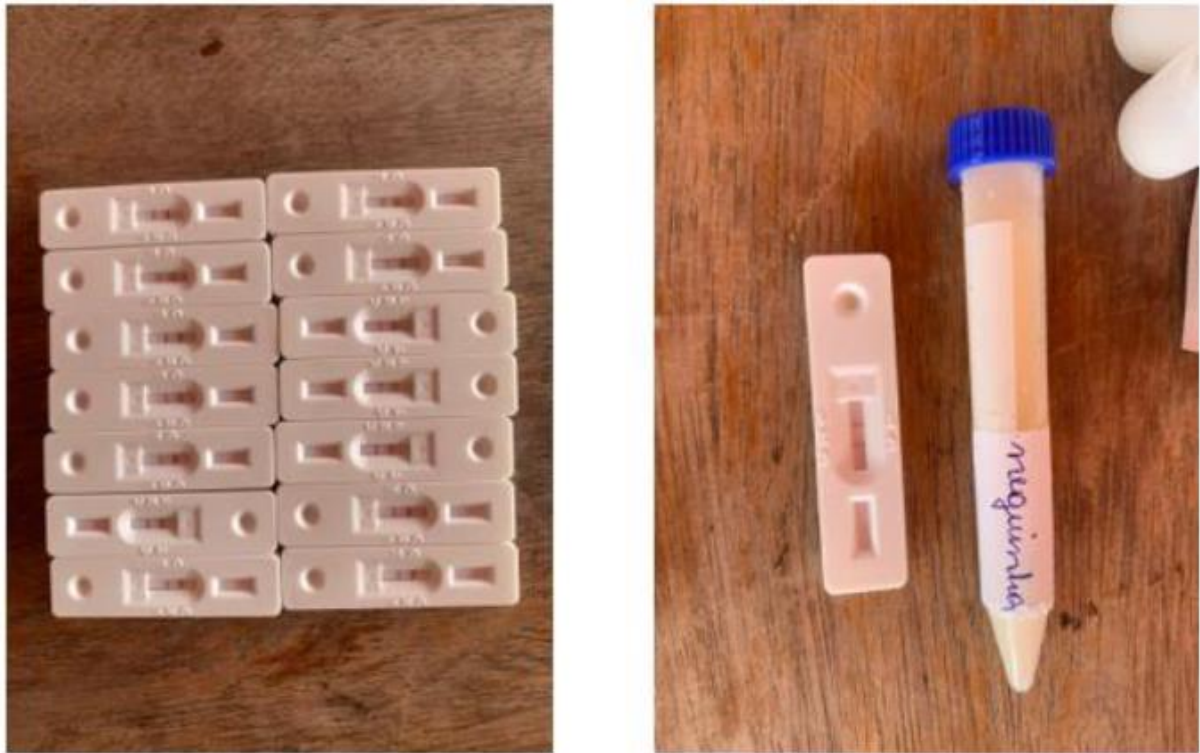


**Figura 8.** Kit teste rápido A2.

**Fonte:** Diogo et al, (2023).

Apesar dos benefícios oferecidos pelo kit teste rápido A2 (identificação dos animais A2 com apenas algumas gotas de leite, resultados rápidos em apenas 20 minutos, e por ser simples e de fácil execução pelo próprio produtor (SCIENCO BIOTECH, 2024), não substitui completamente a genotipagem realizada por laboratórios credenciados, uma vez que este não calcula a frequência genotípica dos animais em A1A1, A1A2 e A2A2.

A relevância da detecção e quantificação de  $\beta$ -caseína A2 vincula-se ao aumento da consciência sobre saúde, alimentação e dietas entre os consumidores. Estes, por sua vez, tornam-se mais criteriosos, exigindo que a indústria se ajuste ao mercado global de leite e produtos A2 (SOUSA, 2023).

## 2.8 MERCADO DO LEITE A2

No contexto mundial e brasileiro, a produção de leite é crucial para a nutrição, economia e sociedade (PACCHIAROTTI et al., 2020). O leite bovino tipo A2 vem conquistando o mercado em vários países, inclusive no Brasil (BEHERA et al., 2018). Esse leite é derivado de

vacas que produzem exclusivamente a variante A2 da  $\beta$ -caseína, seus benefícios e influência nos produtos lácteos é aconselhado para pessoas com problemas gastrointestinais ligados ao consumo de leite tradicional (DOS SANTOS, 2023; SOUSA, 2023). Atualmente são 42.950.000 milhões de consumidores do leite A2, isto equivale 20 % da população brasileira (FAIRFOOD, 2023).

A Associação Brasileira dos Produtores de Leite (ABRALEITE), atingiu outro marco importante para a indústria leiteira do país. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) respondeu ao pedido da associação emitindo a Resolução 3.980 em 20 de outubro de 2021. Esta resolução permite que as embalagens de leite A2 destaquem “Leite produzido por vacas do genótipo A2A2” nos rótulos.

Adicionalmente, a Anvisa autorizou a alegação de funcionalidade com a frase: “O leite A2 não induz a formação de BCM-7 (betacasomorfina-7), associado a distúrbios digestivos”. Assim, consumidores que possam sentir desconforto devido à digestão incompleta de caseína, agora têm informações claras nas embalagens, em conformidade com padrões internacionais (ABRALEITE, 2021) (Figura 9).





**Figura 9.** Embalagens de leite A2 das diferentes marcas brasileiras de leite.

**Fonte:** FairFood (2023).

Prevê-se que o mercado global de leite A2 atinja um faturamento de US\$ 3,7 milhões até 2027, com uma taxa de crescimento anual superior a 15% no período de 2021 e 2027 (DOS SANTOS; PALLONE, 2023). No Brasil, estima-se que o segmento de leite A2A2 representa cerca de R\$ 100 milhões anuais, o que corresponde a menos de 1% do mercado de leite. Segundo Janke, líder da Agrindus, espera-se que o consumo do produto aumente cerca de 20% ao ano com mais publicidade (EMBRAPA, 2023).

O mercado de leite A2 teve um início consistente na Austrália, com a empresa The A2 Milk Company mantendo um compromisso contínuo desde 2007 (VARGAS, 2023). Juntamente com a Nova Zelândia, possui fazendas com rebanhos especializados na produção exclusiva de leite A2. (BARBOSA et al., 2019).

No Brasil, o leite A2 era praticamente desconhecido até mesmo por técnicos e profissionais. Atualmente, há um aumento na produção de leite A2, bem como um crescimento no interesse da sociedade em adquirir um produto considerado mais saudável, e de profissionais e pesquisadores em estudar e compreender os benefícios do leite A2 e as vantagens mercadológicas do produto. Isso resulta em um preço para o leite A2 até três vezes maior que o do leite convencional, o A1 ou A1/A2 (POLASTRINI; PEDROZA FILHO, 2021).

Além das empresas que estão aptas a produzirem e comercializarem o leite com selo A2 (Quadro 1) no Brasil, também temos propriedades que possuem o selo A2 (Tabela 9).

**Tabela 9.** Propriedades certificadas com selo A2.

| <b>Fazendas</b>          | <b>Localização</b> |
|--------------------------|--------------------|
| Agropecuária Paraíso     | Santa Teresa – ES  |
| Chácara Luctor Et Emergo | Arapoti – PR       |
| Chácara Salomons         | Castro – PR        |
| Agropecuária Recreio     | São Carlos – SP    |
| Chácara Pedra Grande     | Carambeí- PR       |
| Fazenda Agronelli        | Uberaba – MG       |
| Fazenda Bogarim          | Vianópolis – GO    |
| Chácara Pequena Holanda  | Arapoti – PR       |
| Fazenda Ana Thalea       | Castro – PR        |
| Fazenda Bom Retiro       | Pouso Alto – MG    |

**Fonte:** FairFoods (2023).

Para médios e grandes produtores, a produção de leite A2 é uma alternativa atrativa para agregar valor, já que o produto final tem um preço significativamente mais alto do que o leite convencional no mercado. Além disso, esses produtores possuem capital para investir na transição para a produção exclusiva de leite A2, ao contrário dos pequenos produtores que não têm capital (OLIVEIRA et al., 2001).

Porém o que se tem visto é um produto com custo ainda acessível para aqueles que querem adquirir um produto que melhore suas funções gastrointestinais. Isso leva em consideração a localização regional. O preço do produto nas prateleiras dos supermercados, em relação ao leite tradicional, e a diferença em relação ao valor pago pelos consumidores (Figura 10).

**Figura 10.** Preços dos leites nas prateleiras de supermercados.

**Fonte:** Arquivo do autor.

Há um mercado muito promissor para investimentos em pesquisa e melhoramento de rebanhos, com o objetivo de diminuir a presença do alelo A1 e aumentar o valor agregado do leite, caso a genotipagem A2 seja confirmada. O país detém uma riqueza genética significativa para a produção de leite A2, uma vez que as raças apresentam alta frequência do alelo para o gene da beta-caseína A2 (VIEIRA, 2024).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leite A2A2 vem ganhando destaque como alternativa para a suplementação nutricional por meio de produtos de origem animal, seja pelo leite *in natura* ou seus derivados.

O consumo de leite de vacas com genótipo A2A2 é considerado mais saudável, pois está associado à diminuição de reações alérgicas e inflamatórias provocadas pelo fragmento da beta-caseína A1, conhecido como BCM-7.

Investimentos em pesquisas, melhoramento genético e seleção do rebanho, bem como um sistema de rastreabilidade confiável, são essenciais para a expansão do mercado do leite A2A2.

## REFERÊNCIAS

ABRALEITE. Associação Brasileira dos Produtores de Leite. **Anvisa atende ABRALEITE e publica resolução**.2021. Disponível em: ABRALEITE. Acesso em: 20 out. 2024.

AG BRASIL. **Excelência em genética bovina**. 2024. Disponível em: <https://agbrasil.com.br/>. Acesso em: 18 out. 2024.

ALMEIDA, L. P. R. **Análises físico-químicas e microbiológicas em leite A2A2 comercializado no DF**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária), Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, DF, 2022.

ALOTHMAN, M.; HOGAN, S.A.; HENNESSY, D.; DILLON, P.; KILCAWLEY, K.N.; O'DONOVAN, M.; TOBIN, J.; FENELON, M.A.; O'CALLAGHAN, T.F. The “Grass-Fed” Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. **Foods**, Irlanda, v. 8, n. 8, p. 350, 2019.

ALVES, A. S.; CAMPOS, R. A.; MALUF, V. H. H. K.; PEREIRA, H. P.; VIEIRA, F. O.; FAZA, D. R. L. R.; GUIMARÃES, A. S.; MACHADO, M. A.; MARTINS, M. F. Identificação de vacas da raça Holandesa portadoras de alelo recessivo das doenças genéticas CVM, BLAD e DUMPS e genotipagem para  $\beta$ -caseína. In: WORKSHOP DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA GADO DE LEITE, 25., 2021, Juiz de Fora. **Anais[...]**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RE nº 4.769, de 22 de dezembro de 2021. Leite Produzido A Partir De Vacas Com Genótipo A2a2. In: **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 241, p. 547, 23 dez. 2021.

BARBOSA, M. G.; SOUZA, A. B.; TAVARES G. M.; ANTUNES A. E. C. Leites A1 e A2: revisão sobre seus potenciais efeitos no trato digestório. **Segurança alimentar e nutricional**, Campinas, v. 26, p.1-11, 2019.

BARCELOS, V. B. **Obtenção de dados de solubilidade de lactose em misturas de água e isopropanol**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2022.

BATISTA, R. A. B.; ASSUNÇÃO, D. C. B.; PENAFORTE, F. R. O.; JAPUR, C. Lactose in processed foods: evaluating the availability of information regarding its amount. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 4119-4128, 2018.

BEAVERS, L.; VAN DOORMAAL, B. **Beta casein, A2 milk and genetics**. **Canadian Dairy Network**. 2016. Disponível em: <https://www.cdn.ca/document.php>, Acesso em: 30 jun. 2023.

BEBA MAIS LEITE. **Memorial descritivo do protocolo operacional #bebamaisleite**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/images/Memorial-descriptivo-Protocolo-Vacas-A2A2-bebamaisleite.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

BEHERA, R.; SAHU, A.; MANDAL, A.; RAI, S.; KARUNAKARAN, M.; DUTTA, T. A1 versus A2 Milk- Impact on Human Health. **International Journal of Livestock Research**, West Bengal, IND, v.8, n. 4, p. 1-7, 2018.

BIANCHINI, W.; RODRIGUES, É.; MENDES, J. A.; ANDRIGHETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, ESP, v. 8, n. 2, p. 1-14, 2007.

BODNÁR, Á.; HAJZSER, A.; EGERSEGI, I.; PÓTI, P.; KUCHTIK, J.; PAJOR, F. A2 milk and its importance in dairy production and global market. *Animal Welfare*, **Etológia és Tartástechnológia**, Gödöllő, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2018.

BONADIO, L. F.; TUPY, O.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; CAMARGO, A. C. Impacto social de inovações tecnológicas na agricultura familiar: tecnologias para produção de leite. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais[...]**. Ribeirão Preto: Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial, 2005. p. 1-20.

BOTEGA, J. V. L.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; LOPES, M. A.; RABELO, G. F. Diagnóstico da automação na produção leiteira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.2, p. 635-639, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 76 de 26 de novembro 2018. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. In: **Diário Oficial da União**. Brasília, Seção 1.; n. 230, 318 p. 30 nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa**

**Emissão de Carbono na Agricultura. Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)** Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012. 173 p.

BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), 108f. 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 no 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. *In: Diário Oficial da União*, Brasília, Seção 1.; 76 p. 30 mar. 2017.

CABRAL, J. F.; SILVA, M. A.P.; CARVALHO, T. S.; BRASIL, R. B.; GARCIA, J. C.; NASCIMENTO, L. E. C. Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Rio Verde, v. 71, n. 4, p. 2-12, 2016.

CARNEIRO JUNIOR, J. M. Melhoramento genético animal. *In: GONÇALVES, R. C.; DE OLIVEIRA, L. C. Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia*. 1. ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. p. 197-208.

CILEITE. Centro de Inteligência do Leite. **Leite em Números-Produção e Produtividade**. Minas Gerais, MG: Embrapa Gado de Leite, 2024.

CNA BRASIL. **CNA e Beba Mais Leite lançam protocolo do A2A2**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/cna-e-beba-mais-leite-lancam-protocolo-do-a2a2>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; PEREIRA, C. S.; TORRES, R. de A.; COSTA, C. N.; LOPES, P. S. Persistência na lactação-uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Juiz de Fora, MG, v. 11, n. 3, p. 163-173, 2003.

CORBUCCI, F. S. **Beta-caseína A2 como um diferencial na qualidade do leite**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araçatuba, SP, 2017.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Paraíba, v. 38, p. 307-321, 2009.

DA SILVA, B. B.; GUISSO, I. V.; BRAGA, J.; JUNGBECK, M.; MONTAGNER, P. Leite a2a2: uma nova alternativa para pessoas alérgicas à proteína do leite de vaca. *In: SEMINÁRIO*

INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 25,2020, Cruz Alta. **Anais[...]**.Cruz Alta: Universidade de Cruz Alta, 2020. p. 1-1.

DA SILVA, C. G.; MONTEIRO, J. V. **Características dos diferentes tipos de leite com ênfase na proteína beta-caseína de alelo a2 para o consumo de indivíduos alérgicos ao leite e seus derivados**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão do Agronegócio), Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia de Mococa, Mococa, SP, 2021.

DA SILVA, C. M.; VIDAL, A. M. C. A influência do conforto térmico de vacas leiteiras sobre a composição do leite. *In*: DA SILVA, C. M.; VIDAL, A. M. C. **Coletânea Bem-Estar Animal, Inovação e Tecnologia: Atualidades**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia), Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2021. p. 51-64.

DA SILVA, K. N. L.; DE SOUZA, A. A.; SANT' ANNA, C. **Compreensão geral na diferença entre alergia a proteína do leite de vaca e intolerância à lactose**. Piracanjuba, GO: Editora Conhecimento Livre, 2022. E-book. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20220511174834id\\_/https://api.conhecimentolivre.org/ecl-api/storage/app/public/L.443-2022.pdf](https://web.archive.org/web/20220511174834id_/https://api.conhecimentolivre.org/ecl-api/storage/app/public/L.443-2022.pdf). Acesso em: 26 jun. 2024.

DE CAMPOS, A. T.; DE MORAES FERREIRA, A. **Composição do rebanho e sua importância no manejo**. Juiz de Fora, MG, Embrapa Gado de Leite, 2001.

DE LIMA, T. C. C. **Polimorfismo no gene da beta-caseína em rebanhos zebuínos leiteiros no Estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN,2014.

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  $\beta$ -casomorphins and related peptides. **EFSA Sci Rep**, [S. l.], v. 231, p. 1-107, 2009.

DIOGO, B. S.; REIS, E. M.; DOS SANTOS, B. R. C.; MONTAGNER, A. E. A. D.; PINEDO, L. A. Ocorrência de animais produtores de leite A2A2: estudo de caso em uma propriedade do município de Rio Branco-Acre. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 2808-2818, 2023.

DOBRANIĆ, V.; NJARI, B.; SAMARDŽIJA, M.; MIOKOVIĆ, B.; RESANOVIĆ, R. The influence of the season on the chemical composition and the somatic cell count of bulk tank cow's milk. **Veterinarski Archive**, Zagreb, HR, v.78, n.3, p.235-242, 2008.

DOS SANTOS, A. C. C.; PALLONE, J. A. L. LEITE A2: **Aspectos químicos, bioquímicos, efeitos na saúde e mercado**, Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2023. *E-book*. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/230212218>.

DOS SANTOS, B. M. **Aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2: revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária), Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, DF, 2023.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Avaliação genética multirracial. **Anuário Leite 2024**, Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Composição**. Embrapa Gado de Leite 2021. Disponível em: Composição - Portal Embrapa. Acesso em: 26 jun. 2023.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Interpretação dos Sumários de Avaliações de Touros**. Brasília, 2022. Disponível em: [http://ead.senar.org.br/wpcontent/uploads/capacitacoes\\_conteudos/bovino\\_cultura\\_de\\_leite/CURSO\\_1\\_RGBL/AULA\\_8\\_INTERPRETACAO\\_DOS\\_SUMARIOS\\_DE\\_AVALIACAO\\_EM\\_TOUROS.pdf](http://ead.senar.org.br/wpcontent/uploads/capacitacoes_conteudos/bovino_cultura_de_leite/CURSO_1_RGBL/AULA_8_INTERPRETACAO_DOS_SUMARIOS_DE_AVALIACAO_EM_TOUROS.pdf). Acesso em: 18 out. 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Leite baixo carbono. **Anuário Leite 2023**, Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2023.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Pecuária leiteira de precisão. **Anuário Leite 2022**, Coronel Pacheco, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Raças leiteiras no Brasil**. Juiz de Fora, 2018. Disponível em: Melhoramento genético e controle zootécnico de rebanhos leiteiros - Portal Embrapa. Acesso em: 24 jun. 2024.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório de Gestão**. Brasília, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126850/1/Serie-Documentos-n-9-Agosto-2004-Relatorio-de-Gestao-Embrapa-2003.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023.

EUCLIDES FILHO, K. Embrapa gado de corte. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande, MS: Embrapa gado de corte, 1999. 65 p.

FAIRFOOD. **Quais laboratórios realizam a genotipagem para o alelo A2?**. Disponível em: <<https://fairfood.com.br/2022/06/07/quais-laboratorios-realizam-a-genotipagem-para-o-alelo-a2/>>. Acesso em: 30 de out. 2024.

FAIRFOOD. **Tudo o que você precisa saber sobre a certificação Vacas A2A2**. Disponível em: <<https://fairfood.com.br/2022/05/18/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-certificacao-vacas-a2a2/>>. Acesso em: 30 out. 2024.

FARIA, G. H. F.; VIEIRA, D. A.P.; MACHADO, S. S. Comparação da composição do leite em diferentes espécies: uma revisão. **Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade**. Goiás. v. 1, n. 1, p. 104-108, 2008.

FARIA, M. R.; GOULART, E. V. S.; SILVEIRA, I. D. B.; TEIXEIRA, J. Z.; ZIANE, L.; RIBEIRO, L. A. Influência do sistema de produção de vacas holandesas nos parâmetros de composição do leite. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23, 2014, Pelotas. **Anais[...]**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2014. p. 1-4.

FASSIO, L. H.; REIS, R. P.; GERALDO, L. G. Desempenho técnico e econômico da atividade leiteira em Minas Gerais. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, p. 1154-1161, 2006.

FERREIRA, A. de M.; SÁ, W. F.; VIANA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. A. **Período Seco**. Brasília, Embrapa, 2021. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de\\_leite/producao/sistemas-de-producao/reproducao/manejo-reprodutivo/manejo-da-vaca-leiteira/periodo-seco](https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/reproducao/manejo-reprodutivo/manejo-da-vaca-leiteira/periodo-seco)>. Acesso em: 01 jul. 2023.

FERREIRA, V. N. P.; PICHARA, W. G.; VALENTE, G. L. C. Hypoallergenic effect of A2A2 milk proteins. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 1-7, 2024. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/45732>. Acesso em: 16 sep. 2024.

FLORINDO, A. S. M.; SOUZA, G. V.; COMIN, V. C.; NESPOLO, N. M.; ROSSI, G. A. M. Avaliação do consumo de leite e derivados informais no município de São Carlos, Brasil. **Ars Veterinária**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 74-82, 2021.

FOX, P. F.; BRODKORB, A. The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. **International dairy journal**, Ireland, v. 18, n. 7, p. 677-684, 2008.

GASPARIN, F. S. R.; CARVALHO, J. M. T.; DE ARAUJO, S. C. Alergia à proteína do leite de vaca versus intolerância à lactose: as diferenças e semelhanças. **Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 3, n. 1, p. 107-114, 2010.

GLÓRIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; REIS, R. B.; COELHO, M. S.; SILVA, M. A. Efeito da composição genética e de fatores de meio sobre a produção de leite, a duração da lactação e a produção de leite por dia de intervalo de partos de vacas mestiças Holandês-Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Minas Gerais, v. 58, p. 1139-1148, 2006.

GOES, R. H.T.B.; DA SILVA, L. H. X.; DE SOUZA, K. A. Alimentos e alimentação animal. **Coleção Cadernos Acadêmicos**, Grande Dourados, 2013.

GOULART, E. J.; DA COSTA, C. P. Análise da presença do genótipo A2 em um rebanho bovino oriundo do oeste do Paraná. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, Brasília, v. 7, n. 14, p. 1-8, 2024.

HOHMANN, L.G.; YIN, T.; SCHWEIZER, H.; GIAMBRA, I. J.; KONING, S.; SCHOLZ, A. M. Comparative effects of milk containing A1 versus A2  $\beta$ -casein on health, growth and  $\beta$ -casomorphin-7 level in plasma of neonatal dairy calves. **Animals**, Alemanha, v. 11, n. 1, p. 55, 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa trimestral do leite 2024**.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **POF 2008/09 mostra desigualdades e transformações no orçamento das famílias brasileiras**. 2008. Disponível em: POF 2008/09 mostra desigualdades e transformações no orçamento das famílias brasileiras. Agência de Notícias. Acesso em: 16 mai. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agropecuária**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022.

JIANQIN, S.; LEIMING, X.; LU, X.; YELLAND, G. W.; NI, J.; CLARKE, A. J. Effects of milk containing only A2 beta casein versus milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with

self-reported intolerance to traditional cows' milk. **Nutrition journal**, Shanghai, v. 15, p. 1-16, 2015.

JÚNIOR, F. E. P. T.; LOPES, M. A.; RUAS, J. R. M. Efeito do pagamento por qualidade do leite na rentabilidade da atividade leiteira. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 70, n. 1, p. 24-34, 2015.

KAMIŃSKI, S.; CIESLIŃSKA, A.; KOSTYRA, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. **Journal of applied genetics**, Inglaterra, v. 48, n. 3, p. 189-198, 2007.

KAY, S.I. S.; DELGADO, S.; MITTAL, J.; ESHRAGHI, R. S.; MITTAL, R.; ESHRAGHI, A. A. Beneficial effects of milk having A2  $\beta$ -casein protein: Myth or reality? **The Journal of nutrition**, [S. l.], v. 151, n. 5, p. 1061-1072, 2021.

LEIRA, M. H.; BOTELHO, H. A.; SANTOS, H. C. A. S.; BARRETO, B.B.; BOTELHO, J. H. V.; PESSOA, G. O. Fatores que alteram a produção e a qualidade do leite: Revisão. **Pubvet**, Brasil, v. 12, p. 1-13, 2018.

LIMA, M. A. R. **Leite A2: principais aspectos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Zootecnia), Centro de ciências agrárias, Universidade federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2019.

LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F. C. A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236-243, 2019.

MANZATTO, C. V.; SKORUPA, L. A.; ARAÚJO, L. S.; VICENTE, L. E.; ASSAD, E. D. **Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil**. In. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no brasil. Brasília, DF. p.400-424, 2019.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Mapa do Leite**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 15 fev. 2023.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012. 109 p.

MARINO, E. D.; VIDAL, A. M. C.; Estudo genotípico, fenotípico e da composição do leite de vacas com alelos a1 e a2 da  $\beta$ -caseína. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA, 4. 2019, Pirassununga. **Anais [...]**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2019, p. 27.

MARTINS, Â. M. F.; DOS SANTOS, V. A. C.; SILVESTRE, A. M. D. A história do melhoramento animal. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, Portugal, v. 20, p. 106-114, 2019.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, Madison, WI, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1996.

MILANI, M. P. **Qualidade do leite em diferentes sistemas de produção, anos e estações climáticas no noroeste do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

MORETTI, C. L.; FERREIRA, T. T.; A agricultura de baixo carbono no Brasil. Fundação Getúlio Vargas. **AgroANALYSIS**. Rio de Janeiro, RJ, v. 41, n. 4, p. 23-24, 2021.

MUNIZ, L. C.; MADRUGA, S. W.; ARAÚJO, C. L. Consumption of dairy products by adults and the elderly in the south of Brazil: A population-based study **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, RJ, v. 18, n. 12, p. 3515-3522, 2013.

NAJAS, M. S.; MAEDA, A. P.; YAMATTO, T. H.; NEBILONI, C. C. Consumo de leite e alteração de hábito intestinal em idosos residentes em centro urbano. **Geriatrics & Gerontologia**, São Paulo, SP, v. 1, n. 1, p. 19-25, 2007.

NERO, L. A.; MAZIERO, D.; BEZERRA, M. M. S. Hábitos alimentares do consumidor de leite cru de Campo Mourão, PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 24, n. 1, p. 21-26, 2003.

OECD-FAO. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural Outlook 2024-2033, Paris and Rome**. Disponível em: OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033 | OECD. Acesso em: 21de jun. 2024.

OHI, M.; KNOPKI, A. C.; BEDNARSKI, F.; NASCIMENTO, L. V.; DA SILVA, L. B. Bovino de leite. In: OHI, M. **Princípios básicos para produção de leite bovino**. 3 ed. Curitiba: Imprensa da UFPR, 2010. p. 144.

OLIVEIRA, T. B. A.; FIGUEIREDO, R. S.; DE OLIVEIRA, M. W.; NASCIF, C. Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira. **Scientia agrícola**, São Carlos, SP, v. 58, p. 687-692, 2001.

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**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 2, p. 208-226, 2020.

PAIVA, C. A. V.; JUNTOLLI, F. V.; CARVALHO, L. F. R.; BERNARDI, A. C. C.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R. Pecuária leiteira de precisão. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 307-323.

PAULA, H. F. **Avaliação do limite de detecção dos métodos qualitativos oficiais de análise de constituintes de densidade em leite**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de Licenciatura em Química), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, Itumbiara, GO, 2019.

PEGORARO, L. M. C.; SAALFELD, M. H.; WEISSHEIMER, C. F.; VIEIRA, A. D. Manejo Reprodutivo em Bovinos de Leite. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, RS, Documentos, 286, 2009.

PEIXOTO, M. G. C. D.; BRUNELI, F. A. T.; DOS SANTOS, G. G.; COSTA, C. N. Raças leiteiras no Brasil. **Embrapa Gado de Leite**, Juiz de Fora, MG, 2018.

PEIXOTO, M. G. C. D.; CARVALHO, M. R. S.; DE MAGALHÃES, V. M. A. O leite bovino que produzimos e consumimos. **Embrapa Gado de Leite**, Brasília, 2022.

PENNA, A. L. B. O leite: importância biológica, industrial e comercial. Fisiologia da produção de leite – composição, propriedades físico-químicas, análises. In: OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2009, p. 21-84.

PEREIRA, C. V.; NUNES, S. P. A estrutura da cadeia produtiva do leite no sudoeste do Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural

(SOBER), 59, & Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC), 6, 2021, Brasília, DF, **Anais [...]**. Brasília, DF: Even3, 2021, p. 1-19.

PEREIRA, N.G.; DE SOUSA XAVIER, M. A.; CARDOSO, L.; SOUZA, G. A. A. D.; NEVES, J. F. R.; DE OLIVEIRA, A. M. E.; **Brasília (DF)** DE OLIVEIRA MELO, E.; XAVIER, A. R. E. O. Método de genotipagem para detecção de polimorfismos no gene CSN2 em vacas leiteiras Girolando. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, Portugal, v. 16, n. 6, p. 1-18, 2024.

PEREIRA, T. C. **Identificação dos alelos a1 e a2 para o gene da beta-caseína na raça crioula lageana**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2018.

PERES, J. R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DURR, J. W.; FONTANELI, R.S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 30-45.

PINTO, L. P. S.; DE ALMEIDA, P. C.; BARACHO, M.; SIMION, P. U. O uso de probióticos para o tratamento do quadro de intolerância à lactose. **Ciência & Inovação**, Americana, v.2, n.1, p. 56-65, 2015.

PLANALTO. Presidência da República. **Brasil na COP28: liderança climática e expectativas para futuro sustentável**. Brasília, DF: Presidencia da República, 2023.

POLASTRINI, A.; PEDROZA FILHO, M. X. Certificações como estratégia de upgrading na cadeia de valor do leite em Palmas/TO. **Revista Desafios**, Palmas, v. 8, n. 2, p. 120-138, 2021.

PRAY, W. S. Lactose Intolerance: The Norm Among the World's People. **American Journal of Pharmaceutical Education**, Oklahoma, v. 64, n. 2, p. 205-207, 2000.

RAHIMI, Z.; GHOLAMI, M.; RAHIMI, Z.; YARI, K. Evaluation of beta-casein locus for detection of A1 and A2 alleles frequency using allele specific PCR in native cattle of Kermanshah, Iran. **Biharean Biologist**, Romênia, v. 9, n. 2, p. 85-87, 2015.

RANGEL, A. H. N.; GUEDES, P. L. C.; ALBUQUERQUE, R. P. F.; NOVAIS, L. P.; LIMA JÚNIOR, D. M. Desempenho produtivo leiteiro de vacas Guzerá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, RN, v. 4, n. 1, p. 15, 2009.

REVISTA LEITE INTEGRAL. **Tudo o que você precisa saber sobre leite A2**. 2019. Disponível em: <https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-leite-a2>. Acesso em: 19 out.2024.

RIBEIRO FILHO, H. M. N.; HEYDT, M. S.; BAADE, E. A. S.; THALER NETO, A. Consumo de forragem e produção de leite de vacas em pastagem de azevém-anual com duas ofertas de forragem. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 10, p. 2038-2044, 2009.

RISTANIC, M.; GLAVINIC, U.; VEJNOVIC, B.; MALETIC, M.; KIROVSKI, D.; TEODOROVIC, V.; STANIMIROVIC, Z. Beta-casein gene polymorphism in Serbian Holstein-Friesian cows and its relationship with milk production traits. **Acta Veterinaria**, Beograd, v. 70, n. 4, p. 497-510, 2020.

ROSA, F. D. **Proporção de volumoso na dieta de vacas Holandesas e sua influência na produção e composição do leite em diferentes períodos de lactação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia), Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, RS, 2019.

SANCHES, N. **Qualidade do leite e suas análises: revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP ,2023.

SCIENCO BIOTECH. **MilkTest: Leite A2**. Disponível em <https://www.testeleite.com.br/produtos/milktest-leite-a2/>. Acesso em: 11 out 2024.

SCORSATO, A. P.; MENARIN, V.; GIOLO, S. R. Curvas de lactação de bovinos da raça holandesa e mestiços do município de Castro, Paraná. **Brazilian Journal of Biomotricity**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 216-225, 2014.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, p. 397-409, 2004.

SILVA, E. I. C. Manejo Reprodutivo e Índices Zootécnicos em Gado de Leite. In: **Manejo e Administração na Bovinocultura de Leite**. UFV, 2023.

SILVA, N. N.; CASANOVA, F., DA SILVA PINTO, M.; DE CARVALHO, A. F.; GAUCHERON, F. Micelas de caseína: dos monômeros à estrutura supramolecular. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, p. 1-15, 2019.

SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. **Circular Técnico Embrapa**, Juiz de Fora, v. 120, p. 1-17, 2019.

SOUSA, F. A. L. **Diferenciais do leite A2A2 e aplicabilidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Veterinária), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2022.

SOUSA, K. R. F. **Frequências gênicas e genotípicas das variantes a1 e a2 da  $\beta$ -caseína em gado leiteiro mestiço e seu efeito na composição do leite**. Dissertação (Mestrado Zootecnia), Centro de ciências agrárias, Universidade federal do Piauí, Teresina, PI, 2023.

SOUZA, A. Secagem de vacas leiteiras. **MilkPoint**, 2017. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/canais-empresariais/ceva/secagem-de-vacas-leiteiras-105044n.aspx>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

TRONCO, V. M. Conceitos fundamentais. In: TRONCO, V. M. **Manual para inspeção de qualidade do leite**. 5. ed. Santa Maria: UFSM, 2013.p 11-40.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L.C. **Características do leite**. Boletim Técnico, Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

VIEIRA, L. M. M. **Diferença genética e benefícios da ingestão do leite A2A**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária), Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, DF, 2024.

VILELA, D. **A história dos 491 anos do leite no Brasil: passado, presente e o futuro**. 2023, Disponível em:<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1154453>. Acesso em: 23 jun. 2024.

XIMENES, L. F.; SOARES, K. R. Agropecuária: Lácteos. **Caderno Setorial Etene**, Fortaleza, ano 8, n.266, p. 16, 2023.

ZANCANARO, E.; CRUZ, P. H. Análise da produção e viabilidade na produção do leite tipo A2 em animais da raça Gir. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v.18, n.5, p.8981-8987, 2021.