



UNICEPLAC
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC
Curso de Medicina Veterinária
Trabalho de Conclusão de Curso

Aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2: Revisão de literatura

Gama-DF

2023

BRUNA MENDONÇA DOS SANTOS

Aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2: Revisão de literatura

Artigo apresentado como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientadora: Prof (a). Me. Fabiana Fonseca do Carmo

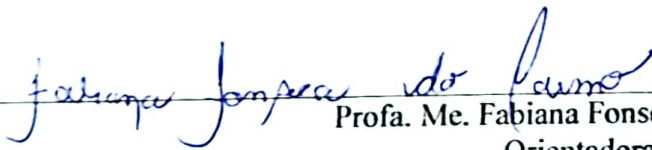
Gama-DF

2023


BRUNA MENDONÇA DOS SANTOS**Aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2: Revisão de Literatura**

Artigo apresentado como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac.

Gama-DF, 29 de novembro de 2023.

Banca Examinadora

Prof. Me. Fabiana Fonseca do Carmo
Orientadora



Prof. Me. Tulio Cesar Neves
Examinador



Prof. Dra. Eleonora D'Avila Erbesdobler
Examinadora

Aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2: Revisão de literatura

Bruna Mendonça dos Santos¹

Fabiana Fonseca do Carmo²

Resumo:

Em vista do panorama mundial e brasileiro, a produção leiteira desempenha um papel fundamental na nutrição, economia e no cenário social. O leite A2A2 tem se destacando no mercado mundial a partir dos seus benefícios e do seu impacto aos laticínios. Há décadas, o leite A2 vem sendo estudado por conta do seu potencial genético e seus benefícios à saúde humana. Além disso, é uma tendência global que traz vantagens e oportunidades aos produtores e laticínios, tendo um futuro promissor no mercado global com o seu crescimento exponencial. Neste contexto, esse trabalho teve como objetivo demonstrar os aspectos genéticos e produtivos acerca do leite A2A2, abordando as raças com maior frequência do alelo A2, características do leite A1 e A2, apresentando ainda, o cenário do mercado do leite A2A2, os métodos genéticos e de melhoramento dos rebanhos. As raças com maior frequência alélica A2 estão sendo cada vez mais selecionadas através do melhoramento genético e das tecnologias de genotipagem. A raça Gir tem destaque na produção em geral e na produção do leite A2A2, seguida da raça Guzerá, raças essas que tendem a crescer mais com a exploração do mercado do leite A2, além de suas características na produção do leite. O tema abordado nesse trabalho vem para contribuir para futuras pesquisas que abrangem essa temática.

Palavras-chave: Leite; A2A2; Raça; Genética; Proteína.

Abstract:

In view of the global and Brazilian panorama, dairy production plays a fundamental role in nutrition, economy and the social scenario. A2A2 milk has stood out on the world market due to its benefits and impact on dairy products. For decades, A2 milk has been studied due to its genetic potential and its benefits to human health. Furthermore, it is a global trend that brings advantages and opportunities to producers and dairy products, having a promising future in the global market with its exponential growth. In this context, this work aimed to demonstrate the genetic and productive aspects of A2A2 milk, addressing the breeds with the highest frequency of the A2 allele, characteristics of A1 and A2 milk, also presenting the A2A2 milk market scenario, genetic methods and livestock improvement. Breeds with a higher A2 allele frequency are increasingly being

¹Graduanda do Curso de Medicina Veterinária, do Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac. E-mail: brunasantosvet@hotmail.com.

²Profa. Me. Fabiana Fonseca do Carmo, do Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac. E-mail: fabiana.carmo@uniceplac.edu.br.

selected through genetic improvement and genotyping technologies. The Gir breed stands out in general production and in the production of A2A2 milk, followed by the Guzerá breed, breeds that tend to grow more with the exploitation of the A2 milk market, in addition to their characteristics in milk production. The topic addressed in this work contributes to future research covering this topic.

Keywords: Milk; A2A2; Breed; Genetics; Protein.

1 INTRODUÇÃO

O leite é um alimento com alto valor nutritivo, além de ser importante na economia mundial com a produção leiteira, que é caracterizada pela geração de emprego e renda, desenvolvendo um papel relevante no cenário social, econômico e nutricional (EMBRAPA, 2002). Segundo dados da GDP (2017), 1 bilhão de pessoas em todo o mundo dependem da produção de leite e do setor lácteo para sobreviverem, sendo o leite um dos principais *commodities* agrícolas em escala mundial.

O Ranking Top 100 de 2023 destacou os estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais como os maiores produtores de leite do Brasil, sendo as raças Holandesa e Girolando as mais utilizadas entre as propriedades em destaque (RENTERO, 2023).

No Brasil e na maioria dos países, o leite mais consumido é oriundo da vaca leiteira (BARBOSA et al., 2019), sendo as regiões Sul e Sudeste destaques no consumo de leite no Brasil (ZOCCAL, 2013). Ocupando o terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais de leite, o Brasil conta com 98% dos municípios brasileiros com predominância de produção leiteira e produção de mais de 34 bilhões de litros de leite anualmente, além de mais de 1 milhão de propriedades de produção leiteira (MAPA, 2023).

As proteínas do leite são divididas em proteínas do soro do leite (a-lactalbumina e beta-lactoglobulina) e proteínas caseínas (alfa s1, alfa s2, kappa e beta-caseína), sendo que na beta-caseína (CSN2), existem ainda 13 variantes, como A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I e G, e dentre essas, as mais comuns são a A1 e A2 (CORBUCCI, 2017), e as variantes A3 e C, são consideradas raras (PEGHINI, 2019).

Das proteínas do leite, a beta-caseína representa cerca de 30% da constituição de proteínas totais encontradas no leite, as variantes A1 e A2 são expressas através da composição genética do animal, portanto o leite A2 é proveniente de vacas leiteiras que possuem o genótipo A2A2 em sua genética (BARBOSA et al., 2019). As vacas com genótipo A2A2 são exclusivamente produtoras de leite A2, já que vacas que produzem leite com as variantes A1 e A2, podem possuir os genótipos A1A1 ou A1A2, dando origem ao leite A1 (BEAVERS e DOORMAAL, 2016).

Segundo Barbosa et al. (2019), a forma original da proteína é a beta-caseína A2, sendo a beta-caseína A1 originada a cerca de oito mil anos atrás de uma mutação genética que decorreu da reprodução dirigida dos animais com o objetivo de aumentar a produção leiteira na época. Portanto, o leite A2 é todo leite que possui apenas a beta-caseína A2 (ZANCANARO e CRUZ, 2021), proveniente de animais que possuem somente o genótipo A2A2 (CNA, 2020).

No leite A2A2, ambas as proteínas beta-caseína são do tipo A2, ao contrário do leite convencional, que pode conter uma combinação de A1 e A2 (HAQ et al., 2013). A1A1, A1A2 e A2A2 são os três tipos possíveis de genótipos (ZANCANARO e CRUZ, 2021).

Segundo BARBOSA et al. (2019), a diferenciação das variantes A1 e A2 é dada pela modificação de um aminoácido na cadeia proteica na mesma posição (67), onde a variante A1 possui a histidina e a variante A2 possui a prolina. Além disso, a histidina, que está presente na cadeia proteica da variante A1, contribui na liberação do BCM-7 na digestão enzimática, diferente da variante A2 com a prolina, onde a liberação do BCM-7 é nula ou em pequenas quantidades.

A mutação genética que deu origem à beta-caseína A1 aconteceu exclusivamente no rebanho bovino, enquanto no leite de búfala, ovelha e cabra, a predominância é somente da beta-caseína A2 (BARBOSA et al., 2019). Segundo KAMINSKI et al. (2007), as raças zebuínas têm maior frequência do alelo A2 enquanto as raças taurinas têm menor frequência desse alelo.

No Brasil, as raças zebuínas possuem maior frequência na pecuária brasileira, como também, maior frequência do alelo A2, tendo cerca de 98%, com destaque à raça Gir. As raças taurinas, como a raça Holandesa, têm menor frequência do alelo A2 (BARBOSA et al., 2019). Somente a raça taurina Guernsey possui 100% de frequência do alelo A2, porém é menos comum

no Brasil (EMBRAPA, 2017).

Contudo, o melhoramento genético através da seleção dos animais com genótipo A2A2, das estratégias de utilização do sêmen (EMBRAPA, 2017), e das tecnologias de genotipagem (SOARES et al., 2019), tem crescido e gerado resultado no crescimento do mercado do leite A2 (EMBRAPA, 2017). O genótipo de um animal é determinado através de testes genéticos, facilitando a análise da progênie, o controle do rebanho quanto a sua genética, a aplicação de melhoramento genético e a conduta do manejo referente aos objetivos da criação e produção do animal (BEAVERS e DOORMAAL, 2016).

O mercado do leite A2 está em constante crescimento, tendo destaque em escala global e impulsionamento através de pesquisas genéticas ao longo dos anos, além disso, é observado vantagens no leite A2 sobre o leite A1, como a redução de sintomas ligados às manifestações gastrointestinais, desenvolvimento de doenças humanas e alergias à proteína do leite, e isso se dá pela sua genética, criando assim, um cenário promissor para a expansão do leite do tipo A2 (GOMES et al., 2021).

Para se obter um rebanho com produção leiteira de 100% A2 é preciso selecionar um rebanho com genótipo exclusivamente A2A2, com isso, é necessário alto investimento em melhoramento genético, seleção de raças com alta predisposição para leite A2, sistema de rastreabilidade e realização de testes de genotipagem, aumentando assim, a frequência alélica A2 no rebanho (PACCHIAROTTI et al., 2020).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou trazer uma revisão de literatura sobre os aspectos genéticos e produtivos do leite A2A2, introduzindo a genética, as características do leite tipo A1 e do tipo A2, a frequência e predisposição de raças bovinas para o leite A2A2, as técnicas de seleção do alelo A2 e apresentando uma visão geral do mercado nacional e global do leite A2.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica do leite

O leite possui um papel essencial no Agronegócio no Brasil e no mercado global, visto que é responsável por mover a economia mundial, gerar renda e empregos, influenciar na saúde humana e na nutrição mundial, sendo uma importante fonte de nutrientes que trazem benefícios em todas as fases da vida (PACCHIAROTTI et al., 2020).

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), o leite sem especificação é um produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas, sendo que o leite de outros animais deve ser classificado segundo a sua espécie (BRASIL, 2017).

O leite e seus derivados são primordiais no cenário do sistema agroindustrial, com destaque ao agronegócio do leite que está entre os maiores setores da indústria, tendo sua alta produção refletida no valor do Produto Interno Bruto (PIB). Na agropecuária brasileira, o leite ocupa lugar de grande relevância, já que é uma importante fonte nutricional contendo nutrientes essenciais ao organismo e à manutenção do corpo em cada fase da vida, além de agregar valor no mercado com sua produção e benefícios (EMBRAPA, 2002).

Segundo o MAPA (2023), o Brasil ocupa um lugar promissor na produção do leite, sendo o terceiro maior produtor de leite do mundo, produzindo mais de 34 milhões de litros por ano em mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite.

Entre os fatores que influenciam a alta demanda do leite e seus derivados, pode-se destacar o crescimento populacional e econômico, inovações na indústria de lácteos, preços competitivos, disponibilidade e acessibilidade do leite, e a mudança de hábitos alimentares da população, sendo esses fatores dependentes do ambiente socioeconômico, cultural e político (EMBRAPA, 2005).

No ano de 2022, houve uma exponencial alta no preço do leite no Brasil, e isso se deu por conta da redução na produção nacional, da alta nos preços do milho e da soja, dos fenômenos naturais pelo Brasil, da cotação do dólar, dos conflitos no mundo e do abandono da atividade, resultando na baixa captação do leite (SILVA, 2023). No último ano, a produção leiteira teve declínio em cerca de 1,5 milhão de litros de leite por dia, contudo o futuro cenário do mercado do leite tem mudanças positivas que favorecem a cadeia láctea no Brasil (RENTERO, 2023).

Em relação à disponibilidade per capital, a produção e importação de leite no Brasil cresce cerca de 5%, refletindo no preço e, conseqüentemente, na oferta e demanda do leite (GUARALDO, 2023). Com a safra na região centro-sudeste e a diminuição de preços de varejo, a oferta e demanda no Brasil tem um cenário positivo à frente (VASCONCELOS e TERRA, 2023).

As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste são destaques na produção de leite, a região Nordeste tem crescimento fluído na produção por conta das condições climáticas favoráveis e a implantação de novas práticas e tecnologias, já a região Norte tem apresentado quedas na sua produção de leite (HOTT et al., 2023).

A produção e comercialização de leite desempenham um papel crucial na sociedade, contudo, requerem investimentos para acompanhar o mercado global, já que a cadeia de lácteos está em exponencial crescimento e constantes mudanças, e o Brasil é considerado uma grande potencia nesse mercado com a alta produção e exportação do leite (VIANA e FERRAS, 2007).

O Brasil conta com propriedades leiteiras com alta produção de leite A2, sendo relatado mais de 100 mil litros/dia, fazendo com que o país tenha um cenário promissor para o crescimento da produção e comercialização do leite A2A2 (RENTERO, 2023). O rebanho homozigoto (A2A2) tem grande influência na produção do leite tipo A2, e o Brasil conta com um grande rebanho zebuino e cerca de 87% do sêmen produzido e comercializado oriundo de animais mestiços (Girolando) e *Bos indicus* (Gir Leiteiro, Guzerá e Sindi) para a produção de leite, o que gera vantagens na produção e comercialização do leite A2A2 (SILVA, 2023).

No mercado internacional, a Nova Zelândia e a Austrália têm destaque na exportação do leite A2, seguidas dos Estados Unidos que tem grande movimentação no mercado do leite A2 (RENTERO, 2023). A Nova Zelândia, sendo pioneira das pesquisas sobre o leite A2, tem forte presença na indústria de lácteos e tem cenário de longo prazo no setor, sendo ainda líder de exportações, movimentando cerca de 15 bilhões em receitas no ano e tendo crescimento de 45% nos últimos anos (RENTERO, 2023).

2.2 Variações do Tipo de Leite A1 e A2

Ao longo dos anos a produção de leite ganhou um novo direcionamento através da descoberta do polimorfismo de raças de bovinos, dando origem a dois tipos de leite, A1 e A2, que se constituem da beta-caseína e são diferenciados apenas pelo sequenciamento na cadeia proteica onde a beta-caseína A2 tem a “prolina” na sua cadeia proteica na posição 67, enquanto a beta-caseína A1 possui a “histidina” na mesma posição (SHARMA et al., 2013).

Os estudos acerca do polimorfismo gênico das raças bovinas refletem no conhecimento de

suas características genéticas, abrangendo a distinção da proteína do leite quanto a beta-caseína (CSN2), proteína que faz parte da maior parte da composição do leite e que contém variações genéticas, destacando as variações A1 e A2, mais comumente encontradas no leite bovino (SILVA, 2023).

Segundo Otaviano (2006), a composição do leite se difere entre as espécies, com isso, no polimorfismo das variantes A1 e A2 no leite bovino, não há diferenciação na composição nutricional entre o leite A1A1 e o leite A2A2, a sua caracterização se dá pela origem genética derivada do polimorfismo das raças bovinas quanto ao alelo que carregam em seu genoma, cominando nos genótipos A1A1, A1A2 e A2A2.

O leite A2 provém de bovinos com genótipo A2A2, genótipo original das vacas leiteiras, sobretudo, o leite A1 teve origem do desencadeamento de cruzamentos ao longo dos anos, difundindo uma mutação genética em raças bovinas, principalmente de raças europeias, aumentando a população bovina com o alelo A1 (EMBRAPA, 2017).

Apesar do leite e seus derivados possuírem papel fundamental na constituição nutricional da sociedade, pesquisadores identificaram efeitos negativos na saúde humana devido a ingestão do leite tipo A1, entre eles, o desenvolvimento de doenças, alterações no trato gastrointestinal e reações alérgicas como a alergia à proteína do leite de vaca (APLV) (COROZOLLA e RODRIGUES, 2018).

O leite de vaca está relacionado a respostas exacerbadas no organismo humano, visto que, as proteínas são fatores predisponentes a ocorrências de alergias nos humanos como a APLV, no entanto, essa alteração gastrointestinal é frequentemente associada à Intolerância à Lactose (IL) (BARBOSA et al., 2019). Apesar da sintomatologia semelhante, a Alergia à Proteína do leite de vaca e a Intolerância à Lactose se diferem em seu mecanismo, pois a APLV é desencadeada pela reação imunológica na ingestão a uma ou mais proteínas do leite, enquanto a IL se manifesta pela ausência total ou parcial da enzima lactase, enzima responsável pela metabolização da lactose, conhecida com “açúcar do leite” (SEMADESC, 2019).

Na ingestão do leite A1 há a liberação de beta-casomorfina-7 BCM-7 na digestão enzimática, e essa liberação não é observada na digestão do leite A2, assim, o leite A1 vem sendo relacionado a injúrias no trato gastrointestinal e o desencadeamento da APLV no organismo humano, além disso a liberação enzimática da BCM-7 é interligada ao desenvolvimento de doenças, sendo um fator de risco à saúde humana (OLENSKI et al., 2010).

Contudo, o leite A2 tem se destacado no cenário mundial como uma alternativa para a produção de um leite com maior aceitação pelo organismo, por ter sua digestão facilitada e não estar ligado a doenças correlacionadas ao BCM-7, além disso, sua produção tem crescido em vista de seus benefícios pertinentes de sua genética (SILVA, 2021).

2.3 O leite A2A2

A descoberta do leite A2A2, também conhecido como leite A2, remete ao ano de 1990, onde pesquisadores da Nova Zelândia, país que foi líder em produção e exportação do leite A2 em 2003, buscaram entender a origem dos polimorfismos A1A2 e A2A2 (RENTERO, 2023). A beta-caseína A2 é a forma original da proteína (BARBOSA et al., 2019), sendo a mutação da beta-caseína A1 originada na Europa, levando as raças europeias terem uma incidência maior da variante A1 (PEDROSA, 2019).

O leite convencional pode conter as proteínas do tipo A1 e A2 em combinação, variando em A1A1 e A1A2 (HAQ et al., 2013), enquanto o leite A2A2 contém exclusivamente a beta-caseína do tipo A2 (ZANCANARO e CRUZ, 2021). O leite A2 é uma realidade no mercado

nacional, sendo classificado como um leite benéfico à saúde humana por não estar ligado aos problemas ocasionados no leite tipo A1 (MILKPOINT, 2021).

Estudos relacionam a variante A1 à produção de peptídeos bioativos como a beta-casomorfina-7 (BCM-7), liberada pelas enzimas gastrointestinais após a hidrólise enzimática (CORBUCCI, 2017). A BCM-7 está associada ao desenvolvimento de patologias humanas, entre elas a diabetes mellitus tipo-1, alergia à proteína do leite (APLV) (CORBUCCI, 2017), doença cardíaca isquêmica (DCI) (McLACHLAN, 2001), autismo (SOJLOV et al., 2014), arteriosclerose (TAILFORD et al., 2003) e morte súbita em crianças (SUN et al., 2003), e assim sendo considerada um agente de risco à saúde das pessoas. Entretanto, o leite do tipo A2, tem menor produção de BCM-7 e é considerado um leite de melhor digestibilidade (OLENSKI et al., 2010).

A beta-casomorfina-7 (BCM-7) é um peptídeo opioide que apresenta efeito semelhante à morfina, deste modo, o trato gastrointestinal possui grande quantidade de receptores opioides, que quando entram em contato com agonistas opioides (BCM-7), geram a redução na motilidade intestinal, além de aumentar o risco do desenvolvimento de doenças e outros problemas que ameaçam a saúde humana (BARBOSA et al., 2019).

A relação do consumo do leite com a beta-caseína A1 com alergia e doenças no corpo humano, faz com que o leite A2 seja uma alternativa mais benéfica (CORBUCCI, 2017), já que o alelo A2 não tem correlação com esses fatores de risco (WOODFORD, 2008). Diante disso, o mercado global do leite A2 tem um cenário promissor e tende a aumentar exponencialmente, contando com sua genética, aplicando tecnologias na produção leiteira e investindo no melhoramento genético das raças do rebanho leiteiro brasileiro (GOMES et al., 2021).

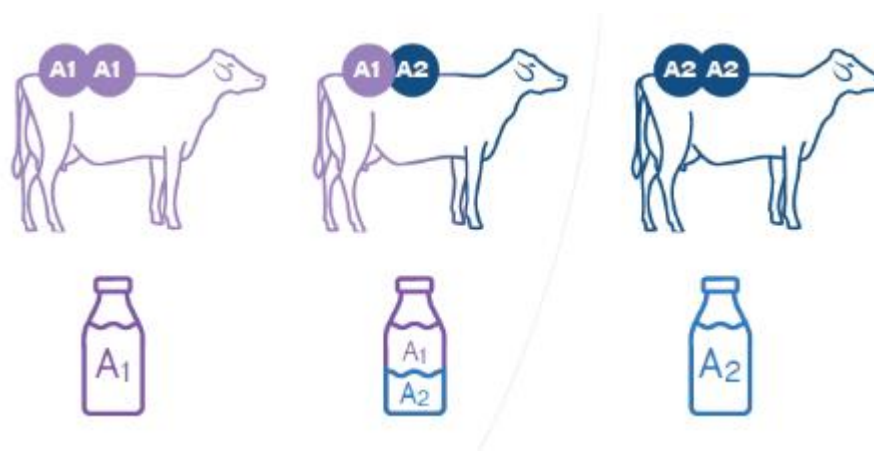
A seleção genética e o investimento no melhoramento genético nos rebanhos bovinos (MARQUES et al., 2023), são fatores cruciais para aprimorar e agregar valor ao leite, sendo a genotipagem do rebanho ideal para a seleção de animais com o alelo A2 (SILVA, 2020). A frequência alélica e genotípica do rebanho é dada pelos testes de genotipagem através da amostragem do material biológico e a extração de DNA do mesmo (SEMAGRO, 2019). O crescimento do mercado do leite A2 também se dá através da necessidade da sociedade, com as estratégias de *marketing* e a divulgação de informações sobre esse tipo de leite (BODNÁR et al., 2018).

2.4 Genética do Leite A2A2

A constituição genética original dos rebanhos bovinos era tradicionalmente formada pelo alelo A2, com a mutação genética no DNA bovino, o alelo A1 teve origem, especificamente na Europa, e assim se espalhou pelo mundo, trazendo consigo novas conformações de genótipos (PEDROSA, 2019). Os rebanhos bovinos com genótipo A2A2, passaram a formar os dois tipos de variantes (A1 e A2), dando origem a novos genótipos (A1A1 e A1A2) (SUCHY et al., 2010).

A progênie 100% A2A2, resulta do cruzamento de dois animais com genótipo A2A2 (Figura 1), da mesma forma que o cruzamento de dois animais A1A1 resultará em uma progênie 100% A1A1 (BEAVERS e DOORMAAL, 2016).

Figura 1 – Relação do genótipo do animal e do tipo de leite produzido.



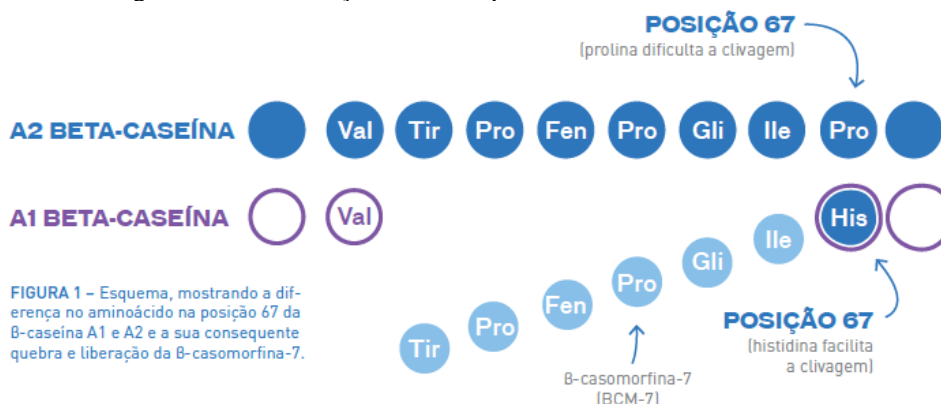
Fonte: Revista Leite Integral, 2019.

Segundo Sulimova et al., (2007), a beta-caseína representa 45% das caseínas totais do leite, sendo caracterizada como a segunda proteína mais abundante do leite de vaca. São descritas 13 variantes genéticas (A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, I e G) na constituição do leite (CORBUCCI, 2017), sendo a variante B menos frequente e as variantes A3 e C mais raras (LIMA et al., 2021). As variantes A1 e A2 se destacam no meio científico por conta de seu polimorfismo e da influência na saúde humana (LIMA et al., 2021).

A caracterização do polimorfismo entre as beta-caseínas A1 e A2 está na diferenciação de nucleotídeo na cadeia proteica (Figura 2), na beta-caseína A2 a sequência é modificada com a introdução da prolina (códon CCT) na posição 67, enquanto na beta-caseína A1 há a presença da histidina (códon CAT), também na posição 67 (SHARMA et al., 2013).

Segundo KAMINSKI et al. (2007), através da digestão de caseínas e proteínas do soro do leite, peptídeos bioativos são liberados no organismo humano, sendo que na digestão da variante A1 há a liberação da beta-casomorfina-7 (BCM-7). O BCM-7 é um peptídeo bioativo ligado a problemas gastrointestinais como a APLV (alergia à proteína do leite de vaca), intensificação de problemas neurológicos em indivíduos com autismo e esquizofrenia, além de oxidar LDL (lipoproteína de baixa densidade), conhecido como “colesterol ruim”, contribuindo para afecções cardíacas por conta da formação de placas arteriais (SILVA, 2017).

Figura 2 – Diferenciação da cadeia proteica da beta-caseína A1 e A2.



Fonte: Revista Leite Integral, 2019.

Para SILVA (2017), a frequência do alelo A2 na pecuária bovina brasileira é uma

oportunidade para os produtores explorarem o mercado do leite A2. A genotipagem do rebanho é uma alternativa para a seleção de animais homozigotos (A2A2) para o leite A2 (PANETTO, 2017).

O uso de métodos simples e econômicos para a genotipagem do rebanho, contribui na diminuição do custo do leite A2 (MELO et al., 2022). O teste genético do rebanho se dá a partir da colheita de material biológico (sangue ou pelo), que é encaminhado ao laboratório onde é analisado a ocorrência do genótipo (A1A1, A1A2 e A2A2) (SILVA, 2021).

A utilização da fertilização *in vitro* (FIV) também é utilizada, uma vez que os ovócitos dos folículos são aspirados e fertilizados com o sêmen de touros A2A2 (PACCHIAROTTI et al., 2020). Segundo LIMA et al. (2021), a técnica de treta-primer ARMS PCR pode ser eficiente para calcular a frequência do alelo A2.

A seleção genética através de marcadores *Single nucleotid polymorfism* (SNIP), contribuiu para a identificação do rebanho bovino homozigoto para o alelo A2 (CONAB, 2017). A técnica PCR-RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphisms*) também é utilizada na genotipagem de rebanhos através de enzima de restrição (LIMA e LARA, 2015).

Há ainda métodos como o HRM (High Resolution Melting) e RHamp (Amplificação dependente de RNase H), desenvolvidos pelo Instituto de Zootecnia (IZ), que através do DNA do animal, detectam os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2 do gene CSN2, sendo que o método de RHamp é mais eficiente na detecção de contaminação do alelo A1 em amostras de leite A2 (SILVA, 2021).

2.5 Raças de bovinos com predisposição de leite A2A2

Acerca de 8 mil anos atrás, as vacas produziam exclusivamente leite A2, no entanto, a mutação genética subsequente resultou no surgimento de vacas com o alelo A1, especialmente nas raças de origem europeia, como Holandesa (Figura 3) e Pardo-suíça (Figura 4) (EMBRAPA, 2017). Cerca de 70% da produção leiteira brasileira é provida de vacas mestiças Holândes-Zebu (EMBRAPA, 2021).

Figura 3 – Raça bovina Holandesa



Fonte: Busca Rural, 2021.

Figura 4 – Raça bovina Pardo-suíça



Fonte: Fazenda Tamanduá, 2023

No Brasil, há a predominância de gado zebuino, o que oferece vantagens ao mercado do leite A2A2, permitindo aos produtores a exploração desse produto com a grande disponibilidade de um gado A2 na pecuária brasileira (EMBRAPA, 2017). Segundo a ABCGIL (2015), o Gir leiteiro tem destaque no cruzamento de raças, na produção de leite, e na produção e comercialização de sêmen no Brasil.

A frequência do alelo A2 varia entre as raças bovinas, sendo as raças zebuínas com maior

frequência gênica desse alelo, enquanto as raças taurinas possuem menor frequência, se destacando com a predominância do alelo A1. As raças zebuínas Gir Leiteiro (Figura 5) e Guzerá (Figura 6) evidenciam destaque na frequência alélica A2, com 0,98% e 0,97%, respectivamente (PACCHIAROTTI et al., 2020).

Figura 5 – Raça bovina Gir Leiteiro



Fonte: FUNDAJ, 2019.

Figura 6 – Raça bovina Guzerá



Fonte: Vetsmart, 2023.

Figura 7 – Raça bovina Jersey



Fonte: Fundação Roge, 2023.

No sistema de produção leiteira, as raças zebuínas Gir e Guzerá são introduzidas com maior frequência, e isso se dá pela rusticidade e adaptabilidade dessas raças (EMBRAPA, 2009). As raças Gir e Guzerá evidenciam destaque nas pesquisas genéticas realizadas no Brasil (PACCHIAROTTI et al., 2020).

A raça Gir tem reconhecimento como uma raça bovina de grande produtividade leiteira, além da rusticidade, resistência a endo e ectoparasitas, termorregulação e conversão de pasto (ABCGIL, 2015), além de se sobressair entre as raças por seus altos teores de proteína e gordura no leite (DIOGO et al., 2020).

OTAVIANO (2006), desenvolveu sua pesquisa em bubalinos (Murrah) e bovinos (Gir, Guzerá, Holandesa, Jersey, Girolando e Pardo-Suiço), onde as raças Gir, Holandesa e Jersey demonstraram maior frequência ao alelo A2. Em pesquisa feita com uma população da raça Sindi, o alelo A2 possuiu 100% de frequência (LIMA e LARA, 2015).

O gado Sindi (Figura 9) é conhecido por produzir leite exclusivamente de proteínas de beta-caseína A2, sendo destaque das raças produtoras de leite com composição A2A2. (MILKPOINT, 2023). Em pesquisa com essa mesma raça, SHETTINI et al. (2020), encontrou frequência alélica A2 de 0,94, e valores do genótipo A2A2 semelhantes ou superiores ao gado zebuínuo.

Em um levantamento do Canadian Dairy Network com quase 6000 bovinos, demonstrou que a raça Jersey (Figura 7) possuiu 65% de frequência do genótipo A2A2, seguida da raça Pardo-Suíço que possuiu 57%, a raça Guernsey apresentou 53%, a raça Holandesa 35%, e a raça Ayrshire 23% de frequência (BEAVERS e DOORMAAL, 2016).

PEREIRA (2018), identificou polimorfismo através da genotipagem com a técnica de marcadores moleculares (PCR-RFLP) na raça taurina Criola Lageana, tendo maior prevalência do alelo A2 comparado à prevalência do alelo A1. Segundo VERCESI FILHO (2011), as raças Holandesa e Pardo-Suíço têm maior frequência alélica A1, e nas raças Jersey e Guernsey o alelo A1 apresenta frequência média e baixa, respectivamente.

Em estudos feitos por KAMINSKI et al. (2007), as raças Guernsey e Jersey mostraram maior frequência da variante A2, enquanto as raças Ayrshire, Holandesa e Red apresentaram maior frequência para a variante A1.

A raça taurina Guernsey (Figura 8) aponta 100% de frequência para o alelo A2, e embora pouco comum no Brasil, é a única raça da subespécie taurus com a característica de ter todos os seus indivíduos capazes de produzir somente leite A2, já as raças Dutch Friesian e Brown Swiss possuem 50% de probabilidade de produzir leite A2, a raça Jersey possui 75%, e como destaque da pecuária brasileira, a raça Gir leiteiro tem 98% de chance (EMBRAPA (2017).

Figura 8 – Raça bovina Guernsey



Fonte: Tecnologia e treinamento, 2012.

Figura 9 – Raça bovina Sindi



Fonte: Rural Pecuária, 2016.

PACCHIAROTTI et al. (2020), trouxe em seus estudos, 11 raças com frequência do alelo A2, onde a raça Gir se destaca com 98% de frequência alélica A2, seguida da raça Guzerá com 97%, as raças Jersey e Pardo-suíço tiveram 72% de frequência, a raça Simental 63%, Holandesa com 55%, Ayrshire com 52%, Shorthorn com 51%, seguidas das raças com menores frequências, como a raça Hereford com 20%, Angus com 0,5% e Brahman com 0,1%.

Em pesquisa mais recente, as raças zebuínas, como a Gir leiteiro, predominam com 98% dos indivíduos com genética positiva para a produção de leite A2A2, apresentando maior frequência do alelo A2 entre essas raças, já a raça Jersey tem uma frequência de 75% de produção de leite A2, e as raças Holandesa e Pardo-suíço apresentam 50% de probabilidade de produção de leite A2 (MILKPOINT, 2023).

A raça Gir é encontrada em grande volume no Brasil, tendo sua prevalência nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, destacando os estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, e nesses

estados também compreendem rebanhos da raça Guzerá (ABCZ, 2023). O rebanho da raça Jersey se destaca em Minas Gerais e Santa Catarina (NEIVA, 2022), o rebanho de vacas Holandesas têm 84% de frequência em São Paulo, Paraná e Minas Gerais (ACPGH, 2023), já a raça Sindi se destaca no Norte, Nordeste e Sudeste brasileiro (ABCZ, 2023), e a raça Pardo-Suíço tem prevalência na região Nordeste (ABC, 2023).

2.6 Mercado global do leite A2A2

A Nova Zelândia é líder em exportação de leite em pó, e tem sua produção leiteira do tipo A2 desde 2003, sendo também pioneira das pesquisas sobre o leite A2 na década de 1990 (LEITE e STOCK, 2023). Segundo CORBUCCI (2017), o Brasil é um país de aptidão para a produção leiteira do tipo A2 e a produção de gado homozigoto. A comercialização de leite A2 é recente no Brasil (BARBOSA et al., 2019), com isso, produtores de leite buscam produzir mais pesquisas para traçar estratégias de melhoramento genético para a seleção de rebanhos com o alelo A2 (PASCHOAL et al., 2017).

Países como a Nova Zelândia, Austrália, Estados Unidos e Reino Unido comercializam o leite A2, e configuram um mercado crescente, com destaque à Nova Zelândia e à Austrália (BARBOSA et al., 2019).

RENTERO (2023), relata que o leite A2 atraiu novos investimentos em fazendas leiteiras e laticínios, obtendo espaço e destaque no mercado do leite nacional e global, e isso em menos de cinco anos. O leite A2 vem ganhando reconhecimento mundial ao longo dos anos por conta de seus benefícios à saúde humana comparado ao leite convencional, visto que, o leite de raças zebuínas tem agregado valor ao leite do tipo A2 (BARBOSA et al., 2019), graças à alta frequência do genótipo A2A2 nessas raças (KAMINSKI et al., 2007).

O aumento da identificação da frequência de alelos polimórficos no rebanho leiteiro, contribui no resultado da produção de leite e nos teores de proteína e gordura do leite. As técnicas relacionadas a marcadores de DNA, possibilitam correlacionar e selecionar características no rebanho bovino e no leite (OTAVIANO, 2006).

Segundo PACCHIAROTTI et al., (2020), vem ocorrendo o mapeamento do rebanho para a seleção de animais com genótipo A2A2, para a produção de leite e seus derivados. Em contrapartida, o custo de testes genéticos limita as pesquisas acerca do alelo A2 e o mapeamento genético dos rebanhos, uma vez que ainda há a necessidade do investimento em melhoramento genético nos animais (SILVA, 2021).

No entanto, atualmente há a disponibilidade de laboratórios comerciais, empresas de inseminação artificial, associações, programas e a Embrapa, que possibilitam a seleção, genotipagem e o melhoramento para a beta-caseína A2, facilitando ainda a obtenção de animais homozigotos (A2A2) (SILVA e PANETTO, 2023).

A beta-casomorfina-7 (BCM-7) é um fator determinante na diferenciação do leite A2 e o convencional, já que a BCM-7 está relacionada ao desenvolvimento de doenças humanas significativas (PACCHIAROTTI et al., 2020), portanto, o leite A2A2 é uma alternativa mais eficaz para o consumidor, principalmente àqueles com sensibilidade às doenças ligadas à BCM-7 (BARBOSA et al., 2019). Produtos lácteos derivados do leite A2, também se tornam escolhas mais

benéficas em vista da restrição total da caseína do leite na dieta (CORBUCCI, 2017).

Apesar de sua característica de causar menos problemas gastrointestinais, um estudo buscou analisar o conhecimento dos consumidores sobre o leite A2A2 através de um formulário *online* com 61 respostas, onde 50,8% informaram que só continuariam consumindo o leite A2 dependendo do seu preço (MELO et al., 2022).

O investimento em *marketing* para promover o leite A2 é importante apesar de todas as suas vantagens, visto que, o mercado é baseado no consumidor, através do acesso à informação. Em vista disso, o *marketing* favorece a visibilidade do produto, agregando valor através das vantagens oferecidas (PACCHIAROTTI et al., 2020).

Segundo PEDROSA (2019), a presença da beta-caseína A2 agrega mais valor ao rebanho, já que esses animais têm sido requisitados mundialmente por conta da sua constituição genética que favorece a produção de leite A2 e traz benefícios aos produtores e consumidores.

2.7 Certificação do leite A2A2

A qualidade do leite, sua rastreabilidade e sua certificação são de extrema importância em relação à saúde humana, a segurança alimentar, economia e confiabilidade em relação a indústria e seu consumidor final (COSTA, 2021). A rastreabilidade garante ao consumidor a transparência, confiança e garantia da origem do produto, já que o processo produtivo tem ganhado o interesse da sociedade (PACHECO et al., 2021).

As especificações e origem dos produtos são informações essenciais para os consumidores, refletindo nas empresas, indústrias e reguladores, fazendo com que os produtos agreguem valor, garantia de qualidade e segurança alimentar (COSTA, 2021).

O selo de qualidade é outro fator que fornece garantia tangível de que o produto segue os padrões e critérios de qualidade, evidenciando o controle de qualidade e de segurança do produto, dando ao consumidor confiabilidade de sua origem e de seu processo produtivo (STAUDT et al., 2008).

Em vista da tendência do leite A2, de seu mercado promissor e de seus benefícios, o leite A2 tem um selo de certificação (Figura 10) que garante a origem do leite e a identificação do produto com a garantia de que provém de vacas com genótipo A2A2, visto que possui reconhecimento do Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA) (CNA, 2020).

Figura 10 – Selo de certificação de vacas A2A2



Fonte: CNA SANAR, 2020.

A certificação com o Selo Vacas A2A2 assegura a origem e rastreabilidade do leite

A2, podendo ser solicitada por indústrias e produtores de leite, que devem seguir todas as diretrizes do protocolo e atender aos requisitos para a utilização do selo (CNA, 2020).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leite A2A2 tem se tornado uma grande potência no mercado lácteo, contando com sua genética e suas características benéficas à saúde humana, ao cenário social, à economia e à nutrição humana. A genética vinda das raças bovinas com genótipo A2A2, promove o leite A2 a um patamar de diferenciação genética levando em consideração o leite A1. As raças zebuínas têm agregado mais valor ao leite do tipo A2, com a alta frequência do genótipo A2A2, além de suas características de altos valores no teor de gordura e proteína. A seleção do rebanho e a genotipagem garantem resultados significativos no melhoramento genético do rebanho, aumentando a frequência do alelo A2. Investimentos no rebanho através de testes genéticos aumentam a seleção e a prevalência de um gado homozigoto A2A2. O mercado do leite A2A2 está se expandindo globalmente à medida que novas pesquisas exploram a genética que rodeia os animais com genótipo A2A2 e a produção do leite tipo A2, dessa maneira, o desenvolvimento desse trabalho possibilita a propagação do tema, trazendo o panorama do leite A2A2, uma abordagem da sua genética e a frequência das raças que abrangem a genética alélica A2.

REFERÊNCIAS

ABC. **Raças - Pardo Suíço**. ABC - Associação Brasileira de Criadores. 2023.

ABCGIL. **Características do Gir Leiteiro**. Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro. 2015.

ABCSINDI. **Raça Sindi – adaptabilidade e alta conversão alimentar**. Associação Brasileira dos Criadores de Sindi. 2023.

ABCZ. **Raças zebuínas**. ABCZ - Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Uberaba, 2023.

ABRALEITE, **regulamentação do leite A2A2**, 2019. Disponível em:

<https://www.abraleite.org.br/2019/10/01/abraleite-consegue-regulamentar-o-a2a2/>. Acesso em: 07 set. 2023.

AMANCIO, O. M. S.; PAIVA, S. A. R.; DOMENE, S. M. Á.; et al. **A importância do consumo de leite no atual cenário nutricional brasileiro**. SEBAN - Sociedade brasileira de alimentação e nutrição, São Paulo, p. 16-21, 2015.

APCGH. **Gado Holandês – A Origem da Raça no Mundo**. Associação Paulista dos Criadores de Gado Holandês. SP, 2023.

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. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 26, p. 1-11, 2019.

BEAVERS, L. DOORMAAL, B. V. **Beta Casein, A2 Milk and Genetics**. Lactanet - Canadian Dairy Network Excellence. 2016.

BRASIL. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**, 108f. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Seção 1, p. 3-27. Diário Oficial da União, Brasília, 30 mar. 2017.

CARVALHO, G. R. Oferta e demanda de leite no Brasil em 2022. In: **Anuário Leite 2023: leite: baixo carbono**, p. 75-79. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

CNA, **Protocolo vacas A2A2**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/protocolo-vacas-a2a2>. Acesso em: 07 set. 2023.

CORBUCCI, F. S. **Beta-caseína A2 como um diferencial na qualidade do leite**. TCC para o Curso de Graduação apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araçatuba, 2017.

COSTA, C. N. **Rastreabilidade**. Agronegócio do Leite. Embrapa Gado de Leite. 2021.

EMBRAPA. **Melhoramento genético de bovinos permite a produção de leite menos alergênico**. 2017. EMBRAPA, Gado de Leite. Juiz de Fora, 2017.

EMBRAPA. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite**. Heterose ou vigor de híbrido. Circular Técnica - Embrapa. Juiz de Fora, 2009.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Leite (Cerrado): Importância Econômica**. Embrapa Gado de Leite Sistema de Produção, 2002.

EMBRAPA. **Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris**: Mercado e Comercialização - Mercado de leite e derivados. Embrapa Gado de Leite Sistema de Produção, 2005.

GDP – Global Dairy Platform. **Annual Review 2016**. Rosemont, IL, [2017]. Disponível em: <https://www.globaldairyplatform.com/wp-content/uploads/2018/04/2016-annual-review-final.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.

GIGLIOTI, R.; GUTMANIS, G.; KATI KI, L. M.; OKINO, C. H.; OLIVEIRA, M. C. S.; FILHO, A. E. V. New high-sensitive rhAmp method for A1 allele detection in A2 milk samples. **ELSEVIER - Food Chemistry**, v. 313. ScienceDirect. May 2020.

GOMES, B. A. A.; FARIAS, J. S.; LAGE, M. C. G. R. Leite A2: a descoberta genética em prol de pessoas com alergia à proteína do leite de vaca. **Sinapse Múltipla**, v. 10, n. 1, p. 114-116, 2021.

GUARALDO, M. C. **Estudo sobre mercado do leite é destaque na reunião da cadeia produtiva**. EMBRAPA. 2023.

HAQ, M. R. U.; KAPILA, R.; SHARMA, R.; SALIGANTI, V.; KAPILA, S. Comparative evaluation of cow β -casein variants (A1/A2) consumption on Th2-mediated inflammatory response in mouse gut. **European Journal of Nutrition**, v.10, p.1-11, 2013.

HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; JUNIOR, W. C. P. M. Produção de leite no Brasil por estados e regiões. In: **Anuário Leite 2023: leite: baixo carbono**, p. 12-14. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

KAMINSKI, S.; CIESLINSKA, A.; KOSTYRA, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. **Journal of Applied Genetics**, v.48, p.189–198, 2007.

LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A. Aspectos da produção de leite na Nova Zelândia. In: **Anuário Leite 2023: leite: baixo carbono**, p. 82-84. Mercado Global. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

LIMA A. C. J.; LARA M. A. C. Polimorfismo do gene b-caseína em bovinos. **AICA.**, v.6, p.280-285, 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. **MAPA DO LEITE: Políticas Públicas e Privadas para o Leite**. Produção Animal. Mapa do Leite - Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023.

MEDEIROS, I. P. S. **Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na qualidade do leite da Raça Sindi**. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – PPGA. Patos - PB: [s.n], 2020.

NEIVA, R. **Melhoramento genético de bovinos permite a produção de leite menos alergênico**. EMBRAPA. Embrapa Gado de Leite, 2017.

NEIVA, R. **Parceria entre Embrapa e ACGJB marca início do Programa de Melhoramento da Raça Jersey**. EMBRAPA. Embrapa Gado de Leite, 2022.

OTAVIANO, Antônio Roberto. **Polimorfismo dos Genes das Caseínas e sua utilização na detecção de misturas de leite bovino e bubalino**. 2006. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Unesp, Jaboticabal - São Paulo, 2006.

PACCHIAROTTI, V.; MENDES, J.; FERREIRA, L. Produção do leite A2 e melhoramento genético do rebanho. **Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação Ribeirão Preto**, v. 1, n. 2, 2020.

PACHECO, F. C.; SOUZA, L. B. DE.; PACHECO, A. F. C.; VIEIRA, É. N. R.; JÚNIOR, B. R. C. L. **Do produto para trás: por que apostar na rastreabilidade**. MILKPOINT. 2021.

PEGHINI, B. C. **A Genotipagem da Beta-Caseína e o Leite A2A2**. Geneal Diagnósticos. Uberaba, 2019.

RENTERO, Nelson. Um mercado que cresce e aparece. In: **Anuário Leite 2023: leite: baixo carbono**, p. 77-79. EMBRAPA Gado de Leite. Juiz de Fora, 2023.

ROCHA, A. S. Panorama da produção leiteira no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 49. 2020.

SEMAGRO. **Tudo que você precisa saber sobre leite A2**. BEBA MAIS LEITE, 2019. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Tudo-sobre-Leite-A2.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.

SILVA, M.B.; PASCHOAL, J.J.; HORTOLANI, B. Beta caseína A2 e sua relação com a produção e composição do leite de vacas Gir leiteiro. In: ZOOTEC 2017 / XXVII Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2017, Santos. **ANAIS ZOOTECH**, 2017.

SILVA, M. V. G. B.; PANETTO, J. C. C. Origem, pesquisa, produção e consumo de leite A2. **Anuário do leite 2023: Leite: baixo carbono**, p. 75-77. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, 2023.

SILVA, R. de O. P. e. Panorama do Mercado de Leite em 2023. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 18, n. 8, p. 1-7, ago. 2023.

SILVA, W. S. Wadson. **Leite A1 e Leite A2: Revisão de literatura**. Belém, 2021.

SHARMA, V.; SHARMA, N.; JAWED, B.; NAUTIYAL, S. C. High resolution melt curve analysis for the detection of A1, A2 β -casein variants in Indian cows. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**, v. 3, n. 1, p. 144-148, 2013.

SEMADESC – Secretária de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. **Tudo o que você precisa saber sobre o leite A2**. Beba mais leite. MS, 2019.

SOARES, L.; HORTOLANI, B.; FARO, L.; FERNANDES, A.; GIGLIOTI, R.; FILHO, A.; **Efeito dos genótipos da beta caseína sobre a produção e composição do leite na raça gir leiteiro**. Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Campinas, São Paulo, 2019.

STAUDT, N. P.; SATO, G. S.; SILVA, R. O. P.; VARELA, C. A.; CHALITA, M. A. N. **PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE QUALIDADE PARA PRODUTOS AGROALIMENTARES: o selo produto São Paulo**. Informações Econômicas, SP, v.39, n.3, mar. 2009.

VASCONCELOS, H. D. P.; TERRA, M. L. **Mercado do Leite**: atualização quinzenal 16/11. Panorama de mercado. MILKPOINT. 2023.

VIANA, G.; FERRAS, R. P. R. A cadeia produtiva do leite: Um estudo sobre a organização da cadeia e sua importância para o desenvolvimento regional. **Revista Capital Científico do Setor de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 5 nº1 Jan/ Dez. 2007.

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

ZOCCAL, R. **Consumo de leite e derivados no Brasil**. Embrapa. Boletim CBLeite, v. 7, n. 17, p. 11-14, 2013.