



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL - PPGCA**

**IZAAC PEREIRA DA SILVA MEDEIROS**

**EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA**  
**QUALIDADE DO LEITE DA RAÇA SINDI**

**PATOS – PB – BRASIL**

**FEVEREIRO DE 2020**

**IZAAC PEREIRA DA SILVA MEDEIROS**

**EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA  
QUALIDADE DO LEITE DA RAÇA SINDI**

**Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Campina  
Grande, como parte dos requisitos  
do programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal para obtenção do  
título de Mestre em Ciência Animal.**

**Área de Concentração: Manejo  
Produtivo de Ruminantes.**

**Orientador: Prof. Dr. José Fábio Paulino de Moura.**

**PATOS – PB – BRASIL  
FEVEREIRO DE 2020**

M488e Medeiros, Izaac Pereira da Silva.

Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na qualidade do leite da Raça Sindi. / Izaac Pereira da Silva Medeiros. - Patos - PB: [s.n], 2020.

62 f.

Orientador: Professor Dr. José Fábio Paulino de Moura.

Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal; Centro de Saúde e Tecnologia Rural; Universidade Federal de Campina Grande.

1. Bovinocultura no semiárido. 2. Raça Sindi - ruminantes. 3. Beta-caseína - polimorfismo genético. 4. Leite - qualidade. 5. Análise sensorial - leite. 6. Ácidos graxos. I. Moura, José Fábio Paulino. II. Título.

CDU: 636.2(043)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA ANIMAL

**PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO**

**TÍTULO:** “Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na qualidade do leite da raça Sindi”

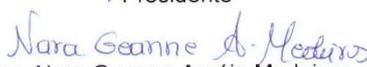
**AUTOR:** IZAAC PEREIRA SILVA MEDEIROS

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. JOSÉ FÁBIO PAULINO DE MOURA

**JULGAMENTO**

**CONCEITO:** APROVADO

  
Dr. José Fábio Paulino de Moura  
UAMV/UFCG  
Presidente

  
Dra. Nara Geanne Araújo Medeiros  
UAMV/UFCG  
1º Examinador

  
Dr. José Givanildo da Silva  
UAMV/UFCG  
2º Examinador

Patos - PB, 26 de fevereiro de 2020

  
Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra  
Coordenador Adjunto  
PPGCA/UFCG

*Com amor e gratidão aos meus pais,  
Sebastião Pereira de Medeiros Filho  
e Ivonilda Pereira da Silva Medeiros,  
dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Mestre Superior, pela Sua infinita fonte de sabedoria, inspiração e misericórdia, e por me proporcionar o Sopro da Vida, me enviando à essa família que tão bem me acolheu, e por permitir que eu pudesse estar sempre junto aos meus, vivendo com sabedoria e fé na labuta diária, vencendo um dia de cada vez, buscando conquistar os meus ideais.

Aos meus pais Sebastião Pereira de Medeiros Filho (Tiãozinho) e Ivonilda Pereira da Silva Medeiros (Dida) e ao meu irmão Italo Pereira da Silva Medeiros, por serem meu alicerce, por toda a educação que me deram, pelo infinito amor e carinho dedicado à minha pessoa, e com quem aprendi valores espirituais, éticos e morais para substância de toda minha vida. Com vocês muito aprendi e aprendo sobre a arte de viver.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Fábio Paulino de Moura, pela amizade, orientação, confiança, paciência e apoio nas atividades realizadas, por ter me inspirado a seguir em frente com a pesquisa e pela competência e dedicação com a ciência, servindo de inspiração para seus orientandos e alunos.

Ao PPGCA por me receber tão bem e me proporcionar a oportunidade de realizar um mestrado acadêmico.

A todos os professores, desde o ensino fundamental até a UFCG, que me encaminharam nessa jornada de estudos e aprendizado constantes, facilitaram o conhecimento e me direcionaram no caminho a ser percorrido, me auxiliando na conquista de cada disciplina cursada, com vocês não só aprendi com os conteúdos técnicos de sala de aula, mas também com o exemplo de vida de cada um.

Aos amigos (as) do PPGCA: José Ray, Paulo César, Romário Parente, Juliana Paula, Rhamon Costa, Luciana Viana, Betilde Matos, Layse Medeiros, Mirella Almeida, Fábio Santos, Antônio Leopoldino, Israel Walter, Elisvaldo, Nerivaldo, Fabrício, Sheila Vilarindo, Suzana Coimbra, Felipe Luênio, Ériton, Caíque, Myrla e Italo Vasconcelos, pela amizade construída e por serem pessoas simples com quem tive a oportunidade de conviver e buscar inspiração.

À fazenda NUPEÁRIDO, nas pessoas de Seu Carlos e Iago, e ao Laboratório de Tecnologia e Inspeção de Leite da UFCG, na pessoa da prof. <sup>a</sup> Maria das Graças, por todo o apoio e suporte prestados à pesquisa.

Aos estudantes de graduação em Medicina Veterinária, na pessoa da bolsista de iniciação científica Maria Emília, a Juliana Paula, Luciana Viana, Sheila Vilarindo, José Ray e André Leandro, que colaboraram de forma significativa para a realização desta pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio financeiro na execução da pesquisa.

Ao Laboratório de Nutrição Animal da UFBA, na pessoa do prof. Dr. Cláudio Vaz Di Mambro, pela contribuição com a pesquisa.

A Ari, por toda atenção e dedicação para com o PPGCA.

Por fim, a todos e todas que não foram citados, mas que não sendo menos importantes, contribuíram de forma direta ou indireta com a minha caminhada até aqui, minha gratidão.

***Muito obrigado!***

## RESUMO

As raças zebuínas estão entre as mais adaptadas ao clima quente e seco, dentre elas a raça Sindi se destaca por apresentar dupla aptidão (carne e leite), alta eficiência alimentar e leite com elevado teor de sólidos totais, principalmente gordura e proteína. Cerca de 80% do total de proteínas do leite são constituídos pelas caseínas, que por sua vez, se dividem em alfa-caseína S1 e S2, beta-caseína e kappa-caseína. Há 13 variações dos alelos da beta-caseína: A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I, G, porém, A1 e A2 são os mais frequentes. O consumo de leite A1 está associado ao aumento da frequência de doenças e há evidências de que a variante A2 não seja tão nociva à saúde humana. Há indícios de que a raça Sindi apresente alta frequência do alelo A2 da beta-caseína e que esta exerça efeito positivo sobre as características do leite. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do polimorfismo genético da beta-caseína na composição físico-química, análise sensorial e perfil de ácidos graxos do leite dos genótipos A1A2 e A2A2 da beta-caseína, em vacas da raça Sindi. Foram utilizadas 12 vacas da raça Sindi subdividas em dois grupos com genótipos distintos da beta-caseína (A1A2 e A2A2) para produção de leite. Na composição físico-química do leite foram avaliados o teor de proteína, gordura, SNG, acidez titulável e densidade relativa a 15°C. Também foi realizada análise sensorial e determinado o perfil de ácidos graxos do leite de ambos os genótipos. Os dados da análise físico-química e perfil de ácidos graxos foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de significância ( $P < 0,05$ ), e os dados referentes à análise sensorial foram analisados de acordo com o teste Qui-quadrado a 5% ( $P < 0,05$ ). Não houve diferenças entre os grupos, quanto ao perfil de ácidos graxos e à análise sensorial ( $P > 0,05$ ). O teor de proteína (3,30 e 3,18%), SNG (9,49 e 9,15%) e densidade (1,031 e 1,030) foram distintos entre os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que os genes recessivo e dominante para a beta-caseína exercem pouco efeito sobre as características físico-químicas, e nenhum efeito sobre o perfil de ácidos graxos e análise sensorial do leite.

**Palavras-chave:** leite A2. CSN2. Zebu. Semiárido.

## EFFECT OF POLYMORPHISM OF THE BETA-CASEIN GENE ON THE QUALITY OF SINDI BREED MILK

### ABSTRACT

Zebu breeds are among the most adapted to the hot and dry climate, among them the Sindhi breed stands out for having dual aptitude (meat and milk), high feed efficiency and milk with a high content of total solids, mainly fat and protein. About 80% of the total milk proteins are made up of caseins, which in turn are divided into alpha-casein S1 and S2, beta-casein and kappa-casein. There are 13 variations of the beta-casein alleles: A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I, G, however, A1 and A2 are the most frequent. The consumption of A1 milk is associated with an increased frequency of diseases and there is evidence that the A2 variant is not so harmful to human health. There is evidence that the Sindhi breed has a high frequency of the A2 allele of beta-casein and that it has a positive effect on the characteristics of milk. Therefore, the aim of this work was to evaluate the effect of the genetic polymorphism of beta-casein on the physical-chemical composition, sensory analysis and profile of milk fatty acids of the A1A2 and A2A2 genotypes of beta-casein, in Sindhi cows. Twelve Sindhi cows subdivided into two groups with distinct genotypes of beta-casein (A1A2 and A2A2) were used for milk production. In the physical-chemical composition of milk, the content of protein, fat, SNG, titratable acidity and relative density at 15 ° C were evaluated. Sensory analysis was also performed and the fatty acid profile of milk of both genotypes was determined. The data of the physical-chemical analysis and fatty acid profile were submitted to the Tukey test, at 5% significance level ( $P < 0.05$ ), and the data referring to the sensory analysis were analyzed according to the Chi-square test a 5% ( $P < 0.05$ ). There were no differences between groups in terms of fatty acid profile and sensory analysis ( $P > 0.05$ ). Protein content (3.30 and 3.18%), SNG (9.49 and 9.15%) and density (1.031 and 1.030) were different between genotypes A1A2 and A2A2, respectively ( $P < 0.05$ ). It is concluded that the recessive and dominant genes for beta-casein exert little effect on the physicochemical characteristics, and no effect on the fatty acid profile and sensory analysis of milk.

**Key words:** Milk A2. CSN2. Zebu. Semiarid.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Frequência alélica e genotípica da beta-caseína do leite na raça Sindi. .... 45**
- Tabela 2 - Produção e composição físico química do leite em função dos genótipos recessivo e dominante para a beta-caseína de vacas da raça Sindi. .... 49**
- Tabela 3 - Produção e composição físico-química do leite, referente à coleta para a análise sensorial, em função dos genótipos recessivo e dominante para a beta-caseína de vacas da raça Sindi..... 53**
- Tabela 4 - Frequência absoluta (N) e relativa (%) para os atributos sensoriais do leite dos genótipos A1A2 e A2A2 da beta-caseína ..... 54**
- Tabela 5 - Frequência absoluta (N) e relativa (%) da ordem de preferência de aceitação do leite dos genótipos A2A2 e A1A2, durante a análise sensorial ..... 56**
- Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do leite dos grupos genéticos A1A2 e A2A2 da beta-caseína de vacas Sindi. .... 57**

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% – percentual  
( $P < 0,05$ ) – significância inferior a 5%  
® – marca registrada  
°C – Graus célsius  
°D – Graus Dornic  
°H – Graus Hortvet  
A1 – alelo alérgico e não desejado da beta-caseína  
A1A2 – Genótipo dominante que não expressa característica de produção da beta-caseína  
A2 – alelo benéfico e desejado da beta-caseína  
A2A2 – Genótipo recessivo que expressa característica de produção da beta-caseína  
APLV – Alergia a proteína do leite de vaca  
BCM-7 – beta-casomorfina 7  
Bsh – clima quente e seco  
Com. – comércio  
CSN2 – gene que codifica a beta-caseína  
CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural  
CV – Coeficiente de variação  
DIC – Delineamento inteiramente casualizado  
Dr. – Doutor  
g/100g – gramas por 100 gramas  
g/mL – gramas por mililitro  
Ind. – indústria  
LANA – Laboratório de Nutrição Animal  
Ltda. – limitada  
mL – mililitro  
mm – milímetro  
NUPEÁRIDO – Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido  
PPGCA – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal  
SNG – sólidos não gordurosos  
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

Capítulo 1 - Revisão de literatura .....	11
BOVINOCULTURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....	12
RAÇA SINDI .....	13
POLIMORFISMO NO GENE DA BETA-CASEÍNA .....	15
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE .....	17
ANÁLISE SENSORIAL .....	21
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS .....	23
PROGRAMA DE CERTIFICAÇÃO A2A2.....	26
REFERÊNCIAS .....	27
- Capítulo 2 - Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na qualidade do leite da raça Sindi.....	35
RESUMO .....	36
ABSTRACT .....	37
INTRODUÇÃO.....	38
MATERIAL E MÉTODOS .....	39
Parecer do comitê de ética.....	39
Local do experimento e rebanho estudado .....	39
Cálculo das frequências alélicas e genotípicas .....	41
Análises físico-químicas .....	41
Análise sensorial.....	42
Perfil de ácidos graxos .....	43
Delineamento estatístico.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
Frequências alélicas e genotípicas .....	45
Composição físico-química.....	48
Análise sensorial.....	53
Perfil de ácidos graxos .....	56
CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS .....	61

**- Capítulo 1 –  
Revisão de literatura**

## BOVINOCULTURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A expressão "Clima Semiárido" refere-se a áreas onde a quantidade de água que evapora é maior que a quantidade de chuva que cai (INSA, 2013). O semiárido brasileiro é uma delimitação geográfica do território nacional, definida oficialmente por meio da portaria nº 89 de 2005 do Ministério da Integração Nacional, para fins administrativos. Compreende os municípios com, pelo menos, uma das seguintes características: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 0,5 e risco ou prolongamento de seca de um ano para outro maior que 60% (BRASIL, 2005). Sendo que, a precipitação média anual é em torno de 200 a 800 milímetros, e o bioma predominante é a Caatinga, que é exclusivo do Brasil, e onde 1/3 das suas plantas e 15% de seus animais não são encontrados em nenhuma outra parte do planeta (ASA, 2017).

O semiárido brasileiro possui uma área territorial de 1.127.953 milhão de km<sup>2</sup>, e uma população estimada em 27.870.241 milhões de habitantes. Está presente em 10 estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e 1.262 municípios (INSA, 2018).

No Semiárido do Nordeste do Brasil, a criação de bovinos leiteiros é, predominantemente, constituída por estabelecimentos familiares, com baixo nível tecnológico e sazonalidade de produção, em consequência dos períodos chuvoso e seco do ano. Os sistemas de criação que predominam são o extensivo e o semi-intensivo, em que os animais usufruem da vegetação nativa para sua manutenção e produção (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2015).

Em relação ao efetivo total de bovinos, o semiárido conta com um rebanho de 14.221.272 milhões de cabeças, o que corresponde a 45,52% da distribuição do rebanho no semiárido quando também se leva em conta os ovinos, caprinos, equinos, asininos, muares e bubalinos. E cerca de 1.731.934 milhão de vacas são ordenhadas todo ano. A quantidade média de leite produzido por cada vaca é baixa, em torno de 4 litros ao dia (IBGE, 2017).

### **RAÇA SINDI**

As raças zebuínas estão entre as mais adaptadas ao semiárido, dentre elas a raça Sindi se destaca por apresentar dupla aptidão (leite e carne), alta eficiência alimentar e desempenho reprodutivo precoce, e altos níveis de pigmentação na epiderme, oferecendo maior proteção contra a radiação ultravioleta (FURTADO *et al.*, 2012).

A raça Sindi é originária da região de Kohistan, na província de Sind, no atual Paquistão. O clima dessa região é semiárido, com precipitações anuais que variam de 250 a 300 milímetros (SANTIAGO, 2009). E, devido à sua reputação em rusticidade e tolerância ao calor, a sua criação foi expandida pela Ásia, Oceania, África e Américas (FARIA *et al.*, 2004).

Acredita-se que, em 1850, chegou o primeiro exemplar da raça ao Brasil, um reprodutor que veio para o estado da Bahia. Porém, na falta de fêmeas da mesma raça, seu sangue foi diluído nas vacas crioulas (SANTIAGO, 1986). De acordo com Leite *et al.* (2001), alguns animais zebuínos, sem nenhuma classificação de raça, foram selecionados dentre muitos outros bovinos importados da Índia no ano de 1930. Esses animais foram criados no estado de

São Paulo e, 20 anos mais tarde, identificados como pertencentes à raça Sindi. No entanto, a importação mais importante e efetiva ocorreu apenas em 1952, quando Felisberto de Camargo, o então diretor do Instituto Agrônomo do Norte (IAN), trouxe consigo 31 animais da raça, sendo 28 fêmeas e três reprodutores vindos num avião fretado, diretamente do Paquistão (SANTIAGO,1986). Desse modo, os rebanhos Sindi brasileiros são frutos exclusivamente dessas duas pequenas populações fundadoras (PANETTO *et al.*, 2017).

Em geral, Sindi é uma raça de animais de pequeno a médio porte, com cabeças pequenas de perfis subconvexos, orelhas de tamanho médio e largas, chifres grossos e curtos, e pelagens vermelha, vermelha escura, retinta ou castanha (FARIA *et al.*, 2001). Em média, as fêmeas produzem cerca de 1.700 kg de leite por lactação (FARIA *et al.*, 2004). Entretanto, em ótimas condições, algumas chegam a ultrapassar 4.000 kg de leite por lactação (LEITE *et al.*, 2001).

Atualmente, a maioria dos rebanhos Sindi são encontrados nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Por ser considerada adequada para os sistemas de produção de dupla finalidade ou dupla aptidão, produzem tanto leite quanto carne de qualidade. Porém, no Sudeste a seleção dos rebanhos tem focado nas características de produção de carne, em contrapartida com os rebanhos do Nordeste, nos quais a seleção priorizou animais com característica mais voltadas para a produção de leite (PANNETO *et al.*, 2017).

Em um estudo realizado com dados dos anos de 2006 a 2013 com animais da raça Sindi, Panetto *et al* (2017) constataram que 56,6% do rebanho nacional encontra-se no Nordeste e 36,6% no Sudeste. No Nordeste, os estados

com os maiores rebanhos são Paraíba e Rio Grande do Norte, representando 35 e 13% do rebanho, respectivamente.

### **POLIMORFISMO NO GENE DA BETA-CASEÍNA**

As caseínas correspondem cerca de 80% do total de proteínas do leite, e os 20% restantes são compostos pelas proteínas do soro (globulinas e albumina) (KEATING *et al.*, 2008). Dentre elas, encontramos a CSN2 (gene que codifica a beta-caseína) (KEATING *et al.*, 2008), classificada como agente de polimorfismo, com inúmeras variações, sendo diferenciadas em função das diferentes raças (HANUSOVÁ *et al.*, 2010). Há 13 variações dos alelos da beta-caseína: A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I, G (KAMINSKI; CIESLINSKA; KOSTYRA, 2007), mas as do grupo A1 e A2 são as formas mais comuns e frequentemente encontradas (JAISWAL; DE; SARSAVAN, 2014).

As variantes A1 e A2 são diferenciadas molecularmente pelo polimorfismo de um nucleotídeo de citosina (CCT) por uma de adenina (CAT) no gene da CSN2, o que resulta na troca do aminoácido histidina presente na variante A1 pela prolina na posição 67 da cadeia da variante A2 (JAISWAL; DE; SARSAVAN, 2014). Ainda que a diferença estrutural entre as duas variantes seja muito pequena, é o suficiente para que sejam metabolizadas de formas diferentes no trato gastrointestinal dos seres humanos.

Sabe-se que as proteínas do leite realizam a liberação dos peptídeos bioativos (KORHONEN e PIHLANTO, 2006), dos quais os opioides denominados de beta-casomorfina (BCM), que são liberados por meio da proteólise da CSN2, na qual, a BCM-7, é liberada em maior quantidade a partir da variante A1 da CSN2 que contém histidina na posição 67 (NGUYEN *et al.*, 2015).

Há indícios de que a variante A2 não seja tão nociva à saúde humana (VERCESI FILHO *et al.*, 2012). Enquanto que a BCM-7 desencadeia problemas relacionados à saúde humana (TROMPETTE *et al.*, 2003), estando o consumo de leite A1 associado ao aumento da frequência de doenças como alergia (GOBETTI *et al.*, 2002), diabetes mellitus tipo I (ELLIOTT *et al.*, 1999; THORSOTTIR *et al.*, 2000), doença coronariana (McLACHLAN, 2001), arteriosclerose (TAILFORD *et al.*, 2003), síndrome da morte súbita infantil (SUN *et al.*, 2003), esquizofrenia e autismo (WOODFORD, 2008).

Estima-se que, inicialmente, toda a população bovina possuía apenas o alelo A2 e que através dos processos evolutivos houve a ação de mutação, proporcionando o surgimento do alelo A1. Os autores ainda destacam que a CSN2 é codificada por genes presentes no cromossomo 6 bovino (VERCESI FILHO *et al.*, 2012).

Lima e Lara (2015) encontraram frequência de 100% do alelo A2 em uma população de bovinos da raça Sindi. Rangel *et al* (2017) encontraram frequências alélicas de 98 e 97%, e genotípicas de 96 e 93% para a beta-caseína A2, nas raças Gir e Guzerá, respectivamente, e não houve frequência do genótipo A1A1. Comprovando o grande potencial dos animais destas raças em produzir leite A2 em sua quase totalidade, além das características já conhecidas de rusticidade e resistência a parasitos externos.

Nas raças taurinas, a raça Guernsey apresentou uma alta frequência do alelo A2 (96%) (VAN EENENNAAM e MEDRANO, 1991). Em estudo mais recente com a raça Jersey, Zepeda-Batista *et al* (2015) encontraram uma frequência alélica de 71% e genotípica de 53% para A2 e A2A2,

respectivamente. Massella *et al* (2017), fizeram um levantamento com 1226 vacas holandesas em duas fazendas leiteiras na Itália e encontraram frequências genóticas de 13,9% para A1A1, 40,3% para A1A2 e 30,1% para A2A2, e as frequências alélicas foram de 37,1 e 54,6% para A1 e A2, respectivamente. Enquanto que Sebastiani *et al* (2020), trabalhando com esta mesma raça, encontraram frequência alélica de 60,65 e 30,39% para A2 e A1, respectivamente, e 8,96% para os demais alelos da beta-caseína. E frequência genótica de 36,96, 35,79 e 9,88% para A2A2, A1A2 e A1A1, respectivamente. Em estudo com vacas da raça vermelha da Polônia, Cieślińska *et al* (2019) obtiveram resultados de 63 e 37% de frequência para os alelos A1 e A2, respectivamente.

### **COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE**

Para os fins do decreto 9.013/2017, "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). O leite de outros animais deve denominar-se segundo a espécie de que proceda.

De acordo com a Instrução Normativa nº 76/2018 (BRASIL, 2018) que regulamenta a identidade e as características do leite cru refrigerado, leite pasteurizado e leite pasteurizado tipo A, todos devem atender aos seguintes parâmetros físico-químicos: gordura (mínimo de 3,0g/100g ou 3%), proteína (mínimo de 2,9g/100g ou 2,9%), lactose (mínimo de 4,3g/100g ou 4,3%), sólidos não-gordurosos (mínimo de 8,4g/100g ou 8,4%), densidade relativa a 15°C

(1,028 a 1,034 g/mL), acidez (0,14 a 0,18g de ácido láctico/100mL ou 14 a 18°D), índice crioscópico (-0,530°H a -0,555°H), prova da fosfatase negativa e prova de peroxidase positiva.

O leite é composto, basicamente, por água, lactose, gordura, proteínas de alta qualidade, minerais e vitaminas. É considerado o alimento mais completo da natureza, sendo composto por cerca de 87,7% de água, 3,3% de proteína, 4,9% de lactose, 3,4% de gordura, 0,70% de minerais e 3,36% de componentes menores (SHASHANK *et al.*, 2018).

Tais características do leite são passíveis de sofrer adulteração. Assim, no momento em que o leite cru chega ao laticínio, são realizadas análises a fim de averiguar a idoneidade de suas características originais. Pois, além do risco de adulteração, essas dependem de vários fatores como, dieta das vacas, temperatura ambiente, transporte e acondicionamento do leite (RIBEIRO; VIEIRA; POMPEU, 2019), raça, idade, estágio de lactação, fatores fisiológicos e patológicos, mastite, intervalo entre ordenhas, dentre outros (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2010).

A água é o componente mais abundante do leite, 87 a 90% (RODRIGUEZ, 2013), e é onde estão dissolvidos ou emulsionados os demais nutrientes. Ao restante, dá-se o nome de sólidos totais, e por sua vez, subtraído a gordura, resulta nos sólidos não gordurosos (SNG). Rangel *et al* (2017) ao avaliarem o efeito dos genótipos da beta-caseína sobre a composição físico-química do leite nas raças Gir e Guzerá, encontraram valores de SNG de 8,77 e 8,97%, respectivamente. Saraiva *et al* (2015) em estudo com a raça Sindi, testando dietas com diferentes fontes de fibra associadas a palma forrageira,

encontraram um valor máximo de 8,9% de SNG dentre os tratamentos. Na raça Holandesa, Khelifi *et al* (2017) encontraram 8,7% de SNG no leite, mas não estava avaliando o efeito dos genótipos da beta-caseína.

As proteínas do leite, bem como a gordura, são de grande interesse para as indústrias de laticínios. Barbosa *et al* (2010) e Guerra *et al* (2008) obtiveram, respectivamente, valores de 3,14 e 3,27% de proteína no leite, trabalhando com a raça Sindi, mas não estavam avaliando os genótipos da beta-caseína. Rangel *et al* (2017) analisaram os parâmetros físico-químicos do leite do genótipo A2A2 da beta-caseína e encontraram valores médios de proteína de 3,28 e 3,43%, para as raças Gir e Guzerá, respectivamente. Bugeac *et al* (2015), em estudo com vacas Holandesas, encontraram valores de 3,59 e 3,54% de proteína, para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente. Bouamra *et al* (2019) e Khelifi *et al* (2017), também em pesquisa com vacas Holandesas, porém não verificando o efeito da beta-caseína, encontraram 3,1 e 2,91% de proteína no leite, respectivamente.

A gordura, por sua vez, é composta principalmente por triglicerídeos (98%). É o componente que mais sofre variações, 3,2 a 6% (RODRIGUEZ, 2013) em função da raça, alimentação, dentre outros. É de grande importância para a qualidade dos laticínios e remuneração paga pelo leite. Saraiva *et al* (2015), Barbosa *et al* (2010) e Guerra *et al* (2008), obtiveram valores de 4,8, 3,62 e 3,57% de gordura no leite, respectivamente, na raça Sindi, mas não estavam avaliando os genótipos da beta-caseína. Porém, Rangel *et al* (2017) obtiveram valores de 4,21 e 4,28% de gordura para as raças Gir e Guzerá, respectivamente, avaliando os parâmetros físico-químicos do genótipo A2A2 da

beta-caseína. Bugeac *et al* (2015), em estudo com vacas Holandesas, encontraram valores de 5,09 e 4,73% de gordura, para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente.

A lactose é o carboidrato ou açúcar do leite, formada por glicose e galactose. É o sólido mais abundante e menos variável do leite (HANSEN, 2019). Sua determinação varia de 4,4 a 5,2%, e é importante para averiguar o valor nutricional do leite e indicar presença de processos fermentativos. Saraiva *et al* (2015) encontraram valores que variaram de 3,5 a 3,79% de lactose no leite da raça Sindi, ao testarem dietas com palma forrageira associada à diferentes fontes de fibras. Bugeac *et al* (2015) obtiveram valores de lactose de 4,71, 4,69 e 4,74% para os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente, em vacas holandesas.

Os principais minerais do leite são o cálcio e o fósforo, mas o magnésio, potássio, cloro e sódio também estão em proporções consideráveis (HANSEN, 2019). A associação entre eles e as proteínas são determinantes para a estabilidade das caseínas. A quantidade gira em torno de 0,7%. Em relação as vitaminas, todas as conhecidas estão presentes no leite. Paschoal, Silva e Hortolani (2017) encontraram valores de 0,70 e 0,71% de sais minerais para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente, em vacas adultas da raça Gir. Barbosa *et al* (2010) obtiveram valores de cinzas ou minerais entre 0,51 e 0,55% no leite da raça Sindi, ao testarem diferentes níveis de suplementação com concentrado.

A densidade relativa é o quociente da massa de um volume de leite e a massa de um mesmo volume de água, expressa em g/mL a uma temperatura

de 15°C. Até certos limites, esse parâmetro controla fraudes por adição de água ou desnate irregular. Barbosa *et al* (2010) e Guerra *et al* (2008) encontraram valores de densidade entre 1.033,3 a 1.033,74 g/mL na raça Sindi, quando avaliaram diferentes níveis de suplementação com concentrado e análise físico-química comparativa entre espécies (caprina e ovina), respectivamente.

A acidez no leite se origina da atividade das bactérias dos gêneros *Lactococcus* e *Lactobacillus*, que produzem ácido láctico e ácidos pirúvico, principalmente, a partir da hidrólise da lactose. Barbosa *et al* (2010) obtiveram valores de acidez (17,53°D) dentro dos padrões estabelecidos, em vacas Sindi criadas de forma extensiva sem suplementação. E, por fim, o índice crioscópico ou ponto de congelamento, objetiva a detecção de fraude por adição de água, principalmente. É a característica mais constante do leite, é medida em graus Hortvet (°H) (HANSEN, 2019). Szambelan *et al* (2016) realizaram análise físico-química comparativa do leite entre diferentes turnos de coleta e amostra composta em vacas holandesas, e encontraram valores de crioscopia de -0,636, -0,568 e -0,539 para o turno manhã, turno tarde e amostra composta, respectivamente.

Além de tudo, a composição físico-química pode afetar as características sensoriais do leite. Pesquisas têm mencionado a gordura como o principal componente a causar tais alterações (FROST; DIJKSTERHUIS; MARTENS, 2001).

### **ANÁLISE SENSORIAL**

Análise sensorial compreende um conjunto de técnicas usadas para provocar, analisar, medir e interpretar as reações produzidas pelas

características dos alimentos, como elas são percebidas pelos órgãos do olfato, visão, tato, paladar e audição.

A análise sensorial possibilita caracterizar e diferenciar o produto pelos atributos sensoriais, determinando a aceitabilidade do produto pelo consumidor (MACHADO *et al*, 2014). Nos setores alimentícios, a manutenção das características sensoriais dos produtos colabora para a lealdade do consumidor em um mercado competitivo, sendo parte intrínseca ao plano de controle de qualidade de uma indústria (TEIXEIRA, 2009).

De acordo com a Instrução Normativa 76/2018 (BRASIL, 2018), os leites dos tipos cru refrigerado, pasteurizado e pasteurizado tipo A devem apresentar as seguintes características sensoriais: líquido branco opalescente homogêneo e odor característico.

A avaliação sensorial do sabor e do aroma do leite cru pode detectar problemas de manuseio ou de produção antes do processamento do leite. Na preparação e processamento de produtos lácteos comerciais, o leite está sujeito a várias operações unitárias e a temperaturas variadas que podem interferir nas características sensoriais. Logo, a avaliação sensorial do leite no processo final ajuda a identificar desvios no processamento ou manuseio (SCHIANO; HARWOOD; DRAKE, 2017).

Os macronutrientes e componentes minerais não são os únicos responsáveis por determinar o perfil sensorial do leite. A cadeia produtiva do produto até chegar aos supermercados inclui vários fatores, como a alimentação do gado, a raça, técnicas de pasteurização, embalagem e adição de

vitaminas. Todos esses fatores podem afetar o sabor do leite fluido (SCHIANO; HARWOOD; DRAKE, 2017).

Barbosa *et al* (2010) trabalharam com vacas Sindi e avaliaram o efeito de diferentes níveis de suplementação sobre as características sensoriais do leite pasteurizado e, em uma escala de 1 a 9, aferiram valores médios de 5,23, 5,83 e 5,77 para os atributos cor, odor característico e sabor característico, respectivamente, no tratamento controle sem suplementação. Enquanto que Barreto *et al* (2016), em estudo com vacas multíparas da raça Girolando, realizaram análise sensorial do leite pasteurizado e obtiveram valores médios de 6,89, 6,98, 6,11, 6,27 e 6,85 para odor, sabor, cor, textura e aceitação global, respectivamente, e apenas os valores do atributo cor diferiram estatisticamente em comparação com vacas primíparas. Bonacina, Baccin e Rosa (2018) avaliaram as características sensoriais de 5 marcas de leite pasteurizado e encontraram valores de 4,8, 2,3, e 5,4 para odor característico, cor e sabor característico, respectivamente, na marca A, sendo que, levando em consideração estas três características, houve diferença entre as marcas apenas no atributo cor.

### **PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS**

A gordura é o componente do leite que está sujeito às maiores variações na sua composição. Dentre os fatores que podem alterar significativamente a sua composição, têm-se a nutrição animal, a raça, e o estágio de lactação, dentre outros (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

Os lipídeos presentes no leite, além de apresentar níveis consideráveis de ácidos graxos essenciais ao organismo, são fonte de energia

e relacionam-se com as suas características sensoriais e de seus derivados (PIGNATA *et al.*, 2014).

O leite possui entre 3 e 6,2% de lipídios totais. Destes, 98% são constituídos por triglicerídeos que, por sua vez, são formados por três ácidos graxos, cada um em ligação éster com uma mesma molécula de glicerol (RODRIGUEZ, 2013). Desses ácidos graxos, cerca de 70% são saturados e 30% são insaturados (25% monoinsaturados e 5% poli-insaturados) (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

A gordura do leite de ruminantes é a principal fonte de ácidos graxos saturados na dieta das pessoas da maioria dos países desenvolvidos (KLIEM e SHINGFIELD, 2016).

Estudos baseados em metodologias convencionais de melhoramento e seleção genômica atestam a influência da genética animal no perfil de ácidos graxos do leite (CARRARA *et al.*, 2017).

Haug *et al* (2007) afirmam que os ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) destacam-se entre os ácidos graxos saturados mais relacionados aos efeitos maléficos à saúde, com propriedades relacionadas a elevação dos níveis de colesterol, podendo levar a ganho de peso, obesidade e doenças cardiovasculares. Por outro lado, referente aos efeitos benéficos, sobressaem-se os ácidos graxos insaturados oleico (C18:1 cis-9) e os isômeros do ácido linoleico conjugado (CLA), associados à diminuição do colesterol e, efeitos anticarcinogênicos e anti-inflamatórios, respectivamente.

Entretanto, pesquisas recentes propuseram que a ingestão da gordura do leite não aumenta o risco de doenças cardiovasculares e está

associada a um menor risco de diabetes tipo 2 e obesidade (KRATZ *et al.*, 2013; MOZAFFARIAN, 2014). Além disso, a gordura láctea mostrou ser uma fonte natural de uma série de ácidos graxos potencialmente saudáveis e benéficos (KRATZ *et al.*, 2013).

Lopes *et al.* (2009) destacaram ainda que, com o objetivo de reduzir o risco de doenças cardiovasculares, pesquisadores têm buscado alternativas para diminuir os teores dos ácidos graxos saturados do leite, principalmente os de cadeia média, como láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), e incrementar a concentração do ácido oleico (C18:1 cis-9). Por causa das propriedades anticarcinogênicas, busca-se elevar as concentrações dos ácidos linoleicos conjugados (CLA), do qual o seu principal isômero no leite é o ácido rumênico (C18:2 cis-9, trans-11), assim como do ácido vaccênico (C18:1 trans-11) que é o seu precursor para síntese endógena na glândula mamária (LOPES *et al.*, 2009).

Em um estudo com vacas em pastagem de capim-elefante, Dias *et al.* (2019) concluíram que o leite apresentou uma composição desejável de ácidos graxos, mesmo os animais não recebendo suplementação com alimentos concentrados.

Todos os resultados da literatura a seguir, referentes ao perfil de ácidos graxos do leite, estão expressos em g/100g. Talpur, Bhanger e Khuhawar (2006) comparam a composição de ácidos graxos do leite de duas raças bovinas, a Thari branco e a Sindi, e para esta, obtiveram os seguintes resultados para os principais ácidos graxos: C12:0 (2,6), C14:0 (6,27), C16:0 (26,97), C18:1 t11 (2,82), C18:1 c9 (26,56), C18:3 n3 (0,45) e CLA c9t11 (1,3). Ribeiro *et al.* (2014)

estudaram o efeito da adição de óleo de girassol, na dieta de vacas holandesas, sobre o perfil de ácidos graxos do leite e encontraram os valores a seguir, para o tratamento controle sem adição de óleo de girassol: C16:0 (31,23), C18:0 (9,81), C18:1 t11 (1,83), C18:3 n3 (0,21), CLA c9t11 (0,87) e CLA t10c12 (0,022). E ainda, em estudo com vacas Girolando, Melo *et al* (2018) obtiveram os seguintes valores, no tratamento controle sem adição de casca de banana em substituição a silagem de sorgo, para os principais ácidos graxos: C12:0 (3,79), C14:0 (11,49), C16:0 (38,31), C18:1 t11 (1,23), C18:1 c9 (14,92), C18:3 n3 (0,26) e CLA c9t11 (0,30).

### **PROGRAMA DE CERTIFICAÇÃO A2A2**

O selo A2A2, criado e desenvolvido pelo site Beba Mais Leite (2019?) e pela GENESIS GROUP, baseou-se em pesquisas concebidas por universidades e instituições brasileiras e internacionais. Este selo indica que o leite ou derivado é proveniente somente de vacas com genótipo A2A2 para a produção de beta-caseína. Por este motivo, contém apenas beta-caseína A2 em sua composição, tornando-o, naturalmente, de mais fácil digestão.

Assim, esse produto é destinado a pessoas, com exceção de crianças, que não têm intolerância à lactose, mas que sentem algum tipo de mal-estar após o consumo de leite e derivados.

Fazendas e laticínios têm a opção de aderirem ao programa por livre e espontânea vontade. Apesar de ser uma decisão estratégica para conquistar e fidelizar clientes e agregar valor aos seus produtos.

## REFERÊNCIAS

- ASA - ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (Brasil). **SEMIÁRIDO: É** no Semiárido que a vida pulsa. 2017. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/semiarido>>. Acesso em: 02 de outubro de 2019.
- BARBOSA, J. G. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais do leite de vacas Sindi suplementadas em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 362-370, 2010.
- BARRETO, M. L. *et al.* Physicochemical and sensory characteristics of milk from cows in different lactation stages and calving orders. **Semina:Ciencias Agrarias**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 1963–1970, 2016.
- BONACINA, M. S.; BACCIN, M. A.; ROSA, L. S. Características sensoriais e instrumentais do leite pasteurizado integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 3, p. 139–151, 2018.
- BOUAMRA, M. *et al.* Physicochemical quality of milk from Prim'holstein and Montbéliarde cows in Western Algeria. **Livestock Research for Rural Development**, v. 31, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 nov. 2018.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Aprovado pelo Decreto n. 30.691 de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos n. 1.225 de 25 de junho de 1962, Decreto n.1236 de 02 de setembro de 1994, Decreto n.1812 de 08 de fevereiro de 1996, Decreto n.2244 de 04 de junho de 1997, Decreto n.9.013 de 29 de março de 2017, Decreto n.9069 de 31 de maio de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 jun. 2017.
- BRASIL, MIT. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília, 2005.
- BUGEAC, T. *et al.* Genetic polymorphism of beta-casein gene and its associations with milk traits in Holstein-Friesian cows. **Animal Science and Biotechnologies**, v. 48, n. 1, p. 103–107, 2015.
- CARRARA, E.R.; GAYA, L.G.; MOURÃO, G.B. Fatty acid profile in bovine milk: Its role in human health and modification by selection. **Archivos Zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 151-158, 2017.
- CIEŚLIŃSKA, A. *et al.* Genetic polymorphism of  $\beta$ -Casein gene in Polish Red cattle — Preliminary study of A1 and A2 frequency in genetic conservation herd. **Animals**, v. 9, n. 377, p. 1–5, 2019.

- DIAS, K. M. *et al.* Milk fatty acid composition of unsupplemented dairy cows grazing on a tropical pasture. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.
- ELLIOTT, R. B. *et al.* Type I (insulin dependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption. **Diabetologia**, 1999.
- FARIA, F.J.C. *et al.* Estrutura genética da raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.852-857, 2004.
- FARIA, F.J.C. *et al.* Parâmetros populacionais do rebanho Sindi registrado no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30(6S), p.1989-1994, 2001.
- FROST, M.B.; DIJKSTERHUIS, G.; MARTENS, M. Sensory perception of fat in milk. **Food Quality and Preference**, v.12, n.5-7, p.327-336, 2001.
- FURTADO, D. A. *et al.* Environmental comfort in constructions for Sindi and Guzera calves in the agreste region of the state of Paraíba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, p. 1-9, 2012.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. *et al.* Perfil dos Sistemas de Produção De Leite Bovino No Seridó Potiguar. **Holos**, v. 2, p. 130, 2015.
- GOBETTI, M. *et al.* Latent bioactive peptides in milk proteins: proteolytic activation and significance in dairy processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2002.
- GUERRA, I. C. D. *et al.* Análise comparativa da composição centesimal de leite bovino, caprino e ovino. **Anais...** Catálogo de Resumos do X Encontro de Iniciação à Docência, UFPB, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2008.
- HANSEN, L. Análise de Dados Físico-Químicos de Amostras de Leite Cru do Sul do Brasil Utilizando Métodos Multivariados Exploratórios e Classificatórios. **Dissertação** (Mestrado em Química), Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.
- HANUSOVÁ, E. *et al.* Genetic variants of beta-casein in Holstein dairy cattle in Slovakia. **Slovak J. Anim. Sci.**, v. 43, n. 2, p. 63–66, 2010.
- HAUG, A. *et al.* Bovine milk in human nutrition - A review. **Lipids in Health and Disease**, v. 6, p. 1–16, 2007.
- IBGE (Brasil). **Censo Agropecuário 2017**: Resultados preliminares. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#pecuaria>>. Acesso em: 09 de setembro de 2019.
- INSA. **O semiárido brasileiro**: riquezas, diversidades e saberes. Campina Grande: INSA/MCTI, 2013. 73 págs.

- INSA. **Semiárido brasileiro: Pecuária, aquicultura e apicultura**. 2018. 112 págs.
- JAISWAL, K.; DE, S.; SARSAVAN, A. Detection of single nucleotide polymorphism by T-ARMS PCR of cross bred cattle Karan Fries for A1, A2 beta casein types. **International Journal of Biological Sciences Research**, v. 1, p. 18-20, 2014.
- KAMINSKI, S.; CIESLINSKA, A.; KOSTYRA, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. **Journal Applied Genetics.**, v. 48, p. 189–198, 2007.
- KEATING, A. *et al.* A note on the evaluation of a betacasein variant in bovine breeds by allele-specific PCR and relevance to  $\beta$ -casomorphin. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 47, p. 99-104, 2008.
- KHELIFI, N. A. O. *et al.* Physicochemical analysis of raw milk of prim'holstein cows in the region of Mitidja in Algeria. **Livestock Research for Rural Development**, v. 29, 2017.
- KLIEM, K. E.; SHINGFIELD, K. J. Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: Opportunities and challenges. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, n. 11, p. 1661–1683, 2016.
- KORHONEN, H.; PIHLANTO, A. Bioactive peptides: Production and functionality. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 945–960, 2006.
- KRATZ, M. *et al.* The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. **European Journal of Nutrition**, v. 52, n. 1, p. 1–24, 2013.
- LEITE, P. R. M. *et al.* **Sindi: gado vermelho para o semiárido**. Ed. EMEPA–PB. Banco do Nordeste. João Pessoa-PB. 2001. 147 págs.
- LIMA, A. C. J.; LARA, M. A. C. Polimorfismo do gene  $\beta$ -Caseína em bovinos. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA**, v. 6, p. 280–285, 2015.
- LOPES, F.C.F. *et al.* Milk fatty acid profile from dairy cows fed increasing levels of soybean oil in diets based on tropical forage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY. Clermont-errant. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, v. 11, p. 588-589, 2009.
- MACHADO, A. R. T. *et al.* Características Físico-Químicas E Sensoriais De Três Marcas de Leite De Vaca Pasteurizado E Comercializado Na Cidade De Alfenas-MG. **Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde**, p. 93-99, 2014.

- MASSELLA, E. *et al.* Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy. **Italian Journal of Food Safety**, v. 6, n. 3, p. 131–133, 2017.
- McLACHLAN, C.N. Beta-casein A1, ischaemic heart disease mortality, and other illnesses. **Medical Hypotheses**, 2001.
- MELO, M. T. P. *et al.* Composição de ácidos graxos do queijo e leite de vacas alimentadas com casca de banana. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 965–974, 2018.
- MOZAFFARIAN, D. Saturated fatty acids and type 2 diabetes: More evidence to re-invent dietary guidelines. **The Lancet Diabetes and Endocrinology**, v. 2, n. 10, p. 770–772, 2014.
- NGUYEN, D. D. *et al.* Formation and degradation of b-casomorphins in dairy processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, p. 1955-1967, 2015.
- PANETTO, J. C. C. *et al.* Red sindhi cattle in Brazil: Population structure and distribution. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2017.
- PASCHOAL, J. J.; SILVA, M. B.; HORTOLANI, B. Beta caseína a2 e sua relação com a produção e composição do leite de vacas gir leiteiro. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2017. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2018.
- PELLEGRINI, L.G. *et al.* Análise do Perfil de Ácidos Graxos do Leite Bovino, Caprino e Ovino. XV Simpósio Paranaense de Ovinocultura, III Simpósio Paranaense de Caprinocultura e III Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos, 2012, Pato Branco: **Synergismus scyentifica UTFPR**; 2012.
- PIGNATA, M.C. *et al.* Estudo comparativo da composição química, ácidos graxos e colesterol de leites de búfala e vaca. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 226 – 233, 2014.
- RANGEL, A. H. N. *et al.* Polymorphism in the Beta Casein Gene and analysis of milk characteristics in Gir and Guzera dairy cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, 2017.
- RIBEIRO, K. P.; VIEIRA, H. R. L.; POMPÊU, G. C. S. Análise da qualidade físico-química e microbiológica do leite cru admitido em laticínio da região de Vazante-MG. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2019.
- RIBEIRO, C. G. S. *et al.* Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à

base de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 5, p. 1513–1521, 2014.

RODRIGUEZ, M. A. P. Parâmetros genéticos e fenotípicos do perfil de ácidos graxos do leite de vacas da raça holandesa. 2013. 119f. **Tese** (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SANTIAGO, A. A. **A epopéia do Zebu**. 2009. Disponível em: [www.abcz.org.br](http://www.abcz.org.br). Acesso em: 10 de outubro de 2019.

SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. Edição de 1986.

SARAIVA, C. A. S. *et al.* Forage cactus associated with different fiber sources for lactating Sindhi cows: Intake, digestibility and microbial protein production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 10, p. 530–536, 2015.

SCHIANO, A. N.; HARWOOD, W. S.; DRAKE, M. A. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9966–9986, 2017.

SEBASTIANI, C. *et al.* Frequencies evaluation of  $\beta$ -Casein gene polymorphisms in dairy cows reared in central Italy. **Animals**, v. 10, n. 252, p. 1–7, 2020.

SELO vacas A2A2. #**BEBAMAISSLEITE**, 2019?. Disponível em: <<http://www.bebamaisleite.com.br/noticia/selo-vacas-a2a2>>. Acesso em: 10 de fev. de 2020.

SHASHANK, C. G. *et al.* A1 and A2 beta casein: Twin faces of milk. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 4, p. 221–224, 2018.

SILVA JÚNIOR, L.C. *et al.* Qualidade do leite cru refrigerado em função do tipo de ordenha. **Pubvet**, Londrina, v. 4, n. 17, p. 829, 2010.

SUN, Z.; ZHANG, Z.; WANG, X.; CADE, R.; ELMIR, Z.; *et al.* Relation of betacasomorphin to apnea in sudden infant death syndrome. **Peptides**, v. 24, p. 937-943, 2003.

TAILFORD, K. A. *et al.* A casein variant in cow’s milk is atherogenic. **Atherosclerosis**, 2003.

TALPUR, F. N.; BHANGER, M. I.; KHUHAWAR, M. Y. Comparison of fatty acids and cholesterol content in the milk of Pakistani cow breeds. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 698–703, 2006.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic.** “Cândido Tostes”, v. 366, n. 64, p. 12-21, 2009.

THORSDOTTIR, I. *et al.* Different (beta-casein) fractions in Icelandic versus Scandinavian cow's milk may influence diabetogenicity of cow's milk in infancy and explain low incidence of insulin dependent diabetes mellitus in Iceland. **Pediatrics**, 2000.

TROMPETTE, A. *et al.* Milk bioactive peptides and b-casomorphins induce mucus release in rat jejunum. **The Journal of Nutrition**. 2003.

VAN EENENNAAM, A.L.; MEDRANO, J.F. Differences in allelic protein expression in the milk of heterozygous beta-casein cows. **Journal of Dairy Science**, 1991.

VERCESI FILHO, A. E. *et al.* Identificação de alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseínas na raça Gir Leiteiro. In: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. **Anais...** João Pessoa, Paraíba. 2012.

WOODFORD, K. A1 beta-casein, type 1 diabetes and links to other modern illnesses. **IDF Congress**, n. April, p. 1–20, 2008.

ZEPEDA-BATISTA, J. L. *et al.* Polymorphism of three milk protein genes in Mexican Jersey cattle. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 18, n. 1, p. 1–4, 2015.

**- Capítulo 2 -  
Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na qualidade do leite da  
raça Sindi**

## **EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA QUALIDADE DO LEITE DA RAÇA SINDI**

**RESUMO:** há indícios de que a raça Sindi apresente alta frequência do alelo A2 da beta-caseína e que esta exerça efeito positivo sobre as características do leite. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do polimorfismo genético da beta-caseína na composição físico-química, análise sensorial e perfil de ácidos graxos do leite dos genótipos A1A2 e A2A2 da beta-caseína em vacas da raça Sindi. 71 animais foram genotipados, e destes, selecionadas 12 vacas da raça Sindi subdividas em dois grupos de 6, com genótipos distintos da beta-caseína (A1A2 e A2A2) para produção de leite. Calculou-se a frequência alélica e genotípica do rebanho. Na composição físico-química do leite foram avaliados o teor de proteína, gordura, SNG, acidez titulável e densidade relativa a 15°C. Também foi realizada análise das características sensoriais e determinado o perfil de ácidos graxos do leite de ambos os genótipos. O rebanho apresentou frequência de 95,07 e 90,14% para o alelo A2 e genótipo A2A2, respectivamente. Os dados da análise físico-química e perfil de ácidos graxos foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de significância ( $P < 0,05$ ), e os dados referentes à análise sensorial foram analisados de acordo com o teste Qui-quadrado a 5% ( $P < 0,05$ ). Não houve diferenças entre os grupos, quanto ao perfil de ácidos graxos e à análise sensorial ( $P > 0,05$ ). O teor de proteína (3,30 e 3,18%), SNG (9,49 e 9,15%) e densidade (1,031 e 1,030) foram distintos entre os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que os genes recessivo e dominante para a beta-caseína exercem pouco efeito sobre as características físico-químicas, e nenhum efeito sobre o perfil de ácidos graxos e características sensorial do leite.

**Palavras-chave:** leite A2, CSN2, zebu, semiárido.

## **EFFECT OF POLYMORPHISM OF THE BETA-CASEIN GENE ON THE QUALITY OF SINDI BREED MILK**

**ABSTRACT:** there is evidence that the Sindhi breed has a high frequency of the A2 allele of beta-casein and that it has a positive effect on the characteristics of milk. Therefore, the aim of this work was to evaluate the effect of the genetic polymorphism of beta-casein on the physical-chemical composition, sensory analysis and profile of milk fatty acids of the A1A2 and A2A2 genotypes of beta-casein, in Sindi cows. 71 animals were genotyped, and from these, 12 Sindi cows were subdivided into two groups of 6, with different genotypes of beta-casein (A1A2 and A2A2) for milk production. The allelic and genotypic frequency of the herd was calculated. In the physical-chemical composition of milk, the content of protein, fat, SNG, titratable acidity and relative density at 15 °C were evaluated. An analysis of the sensory characteristics was also carried out and the fatty acid profile of the milk of both genotypes was determined. The herd had a frequency of 95.07 and 90.14% for the A2 allele and A2A2 genotype, respectively. The data of the physical-chemical analysis and fatty acid profile were submitted to the Tukey test, at 5% significance level ( $P < 0.05$ ), and the data referring to the sensory analysis were analyzed according to the Chi-square test a 5% ( $P < 0.05$ ). There were no differences between groups in terms of fatty acid profile and sensory analysis ( $P > 0.05$ ). Protein content (3.30 and 3.18%), SNG (9.49 and 9.15%) and density (1.031 and 1.030) were different between genotypes A1A2 and A2A2, respectively ( $P < 0.05$ ). It is concluded that the recessive and dominant genes for beta-casein exert little effect on the physical-chemical characteristics, and no effect on the fatty acid profile and sensory characteristics of milk.

**Key words:** milk A2, CSN2, zebu, semiarid.

## INTRODUÇÃO

De acordo com o Anuário de Leite da Embrapa (2018), o Brasil ocupa o 4º lugar no ranking de produção de leite mundial, passando de 7,1 para 35,1 bilhões de litros leite em apenas 40 anos (1974 a 2014). A produção de leite apresentou uma leve queda em 2015 e 2016, mas voltou a crescer 4% em 2017 no país (EMBRAPA, 2018). Porém, o consumo de lácteos per capita no Brasil ainda é baixo. Enquanto a Argentina e Uruguai consomem 200 e 239 litros por pessoa, respectivamente, no Brasil o consumo per capita é de apenas 173 litros de leite, mostrando que há muito espaço para crescimento.

O leite é um importante alimento para a nutrição humana. Possui componentes de alto valor biológico, proteína, gordura, carboidrato, minerais e vitaminas. Cerca de 80% das proteínas do leite são caseínas. Estas, dividem-se em quatro grupos: alfa S1 (30-46% das caseínas), alfa S2 (8-11%), beta (25-35%) e kappa (8-15%) (VERCESI FILHO, 2011). As beta-caseínas, por sua vez, dividem-se em 13 variantes. Sendo que as formas mais comuns nos bovinos são as do tipo A1 e A2.

As caseínas, ao serem digeridas, transformam-se em compostos opiáceos denominados de  $\beta$ -casomorfina (BCM-7). A BCM-7 liga-se ao alelo A1 da  $\beta$ -caseína e acredita-se que a ingestão de leite contendo a presença desse alelo favoreça o aparecimento de alergia, problemas coronarianos, diabetes mellitus tipo 1 e outras doenças em humanos. Entretanto, o alelo A2 da  $\beta$ -caseína não tem ligação alguma com problemas de saúde (WOODFORD, 2008).

As vacas da raça Sindi, originária do Paquistão, possuem dupla aptidão para produção de leite e carne e apresentam altas frequências alélica e genotípica para beta-caseína do tipo A2 (LIMA e LARA, 2015), sendo capazes

de fornecer um leite menos alergênico e com elevado rendimento de sólidos totais. Satisfazendo assim, a necessidade dos consumidores que apresentam APLV (alergia a proteína do leite de vaca) por um leite de melhor qualidade.

Tal fato, fez com que as pesquisas na área da genética molecular evidenciassem as raças com alta frequência do alelo A2, como é o caso do Sindi. Mas, para assegurar a legitimidade dessas vantagens, se faz necessário a realização de pesquisas que comprovem esses benefícios e possível associação da beta-caseína com as características do leite.

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do polimorfismo genético da beta-caseína na composição físico-química, análise sensorial e perfil de ácidos graxos do leite dos genótipos A1A2 e A2A2 em vacas da raça Sindi.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Parecer do comitê de ética**

Este trabalho foi submetido a avaliação e apreciação no Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG e aprovado em 28 de novembro de 2018, através do protocolo CEP/CEUA nº 110-2018.

### **Local do experimento e rebanho estudado**

O experimento foi desenvolvido no setor de bovinocultura da fazenda NUPEÁRIDO (Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido) e no Laboratório de Tecnologia e Inspeção de Leite, ambos pertencentes ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, Paraíba, Brasil. E no

laboratório de nutrição animal da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia; e no laboratório de extração de DNA em Minas Gerais.

O município de Patos-PB dispõe de um clima do tipo Bsh, semiárido, quente e seco, com duas estações bem definidas, de acordo com a classificação de Köppen (1948). A precipitação pluviométrica anual média é de 500 mm, mas pode oscilar de 150 a 1300 mm/ano. O período de estiagem (estação seca) varia de 6 a 8 meses, iniciando no mês de junho e encerrando em dezembro. A temperatura anual média é de 28,5°C, com máximas de 41°C e mínimas de 26°C. A média anual da umidade relativa do ar é de 61%.

Para identificação do perfil genético da beta-caseína do rebanho estudado, amostras de pelos da vassoura da cauda, de 71 bovinos (68 fêmeas e 3 machos) Sindi puros de origem, foram coletados e acondicionados em envelopes, e enviados para o laboratório em Minas Gerais, designado em realizar a extração de DNA e o processo de identificação dos genes.

Posteriormente, com o recebimento dos resultados, calculou-se as frequências alélicas e genóticas para a beta-caseína.

Para as coletas de leite das análises físico-químicas, perfil de ácidos graxos e análise sensorial foram separadas e selecionadas 12 vacas da raça Sindi, dentre os 71 animais genotipados, sendo 6 vacas com genótipo heterozigoto dominante A1A2 e 6 vacas com genótipo homozigoto recessivo A2A2 para a beta-caseína do leite.

Os animais estavam submetidos a um sistema de criação extensivo, com alimentação proveniente da vegetação nativa da Caatinga e receberam suplementação mineral e água à vontade em cochos e bebedouros,

respectivamente, distribuídos em todos os piquetes. Previamente, todos os animais foram vermifugados para o controle de endo e ectoparasitos. O manejo nutricional foi o mesmo para todos os tratamentos.

### **Cálculo das frequências alélicas e genotípicas**

As frequências alélicas ( $X_i$  e  $X_j$ ) e genotípicas ( $X_{ii}$  e  $X_{ij}$ ) foram determinadas por meio das seguintes equações:

$$\text{Frequências alélicas:} \quad X_i = \frac{2N_{ii} + \sum N_{ij}}{2N} \times 100 \quad X_j = \frac{\sum N_{ij}}{2N} \times 100$$

$$\text{Frequências genotípicas:} \quad X_{ii} = \frac{N_{ii}}{N} \times 100 \quad X_{ij} = \frac{N_{ij}}{N} \times 100$$

Onde,  $N_{ii}$  e  $N_{ij}$  representam o número de homozigotos e heterozigotos observados nos alelos  $i$  e  $j$ ; e  $N$  corresponde ao número de indivíduos observados.

### **Análises físico-químicas**

Foram realizados controles leiteiros, com pesagem e coleta de amostras de leite individuais, mensalmente no período de um ano. As coletas eram efetuadas durante a ordenha manual das vacas, que tinha início às 04:00 horas da manhã.

Para as análises físico-químicas, foram colhidas amostras de 200 mL de leite em recipientes devidamente higienizados. As amostras foram acondicionadas em caixa isotérmica e encaminhadas para o laboratório. Para, a então, realização das análises de acidez titulável, densidade relativa a 15°C e os percentuais de gordura, proteína e sólidos não gordurosos (SNG).

O resultado da determinação da acidez foi expresso em graus Dornic (°D), obedecendo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), onde

recomenda-se a adição de 10 mL de leite e 4 gotas de fenolftaleína em um béquer. Logo após, ocorre a titulação com a solução Dornic, adicionando-a, aos poucos, até o aparecimento de uma coloração rosada. A leitura final é dada em °D, sendo que 0,1 mL da solução Dornic corresponde a 1°D ou a 0,1g/L de ácido láctico.

As demais análises foram efetuadas por meio do equipamento ultrassônico portátil analisador de leite, o Ekomilk® (Cap-Lab Ind.e Com. Ltda.). Seguindo-se as recomendações do fabricante, foi selecionado o modo de análise de leite cru no aparelho.

### **Análise sensorial**

Para a realização da análise sensorial dos leites dos dois genótipos, foram selecionadas 80 pessoas, aleatoriamente, dentre estudantes, funcionários e professores do CSTR/UFCG, com disponibilidade de tempo e interesse em realizar as análises.

As avaliações sensoriais foram feitas de acordo com MORAES (1985), em cabines individuais, longe de ruídos e odores, em horários pré-estabelecidos. O leite oriundo dos dois diferentes genótipos foi submetido a pasteurização lenta (65°C/30 min) e servido no dia seguinte a uma temperatura de 7°C para cada provador alocado nas cabines, onde receberam duas amostras de 50 mL, uma para cada genótipo, codificadas com três dígitos numéricos e distribuídas aleatoriamente, conforme sugerido por Ferreira *et al.* (2000). Todos os provadores receberam instruções de como proceder com a análise sensorial. Em cada cabine os provadores receberam biscoito água e sal para limpar o palato e água filtrada para enxágue da mucosa bucal, entre as amostras.

Os provadores assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido e receberam fichas de avaliações para os atributos de odor característico, cor, sabor característico, aparência, consistência e aceitação global, de acordo com metodologia de Faria e Yotsuyanagi (2002). Para cada quesito foram atribuídas notas dentro de uma escala hedônica de 1 a 9 pontos, considerando que: 9 equivale a gostei muitíssimo, 8 a gostei muito, 7 a gostei moderadamente, 6 a gostei ligeiramente, 5 a indiferente, 4 a desgostei ligeiramente, 3 a desgostei moderadamente, 2 a desgostei muito e 1 equivale a desgostei muitíssimo. Os provadores ainda foram instruídos a ordenar as amostras em 1º ou 2º lugar, de acordo com a sua preferência e simulação de uma possível intenção de compra.

### **Perfil de ácidos graxos**

Para a análise do perfil de ácidos graxos, foram coletadas amostras de 200 mL de leite dos genótipos dos dois grupos de vacas. Essas amostras foram levadas até o Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UFCG para serem liofilizadas. Previamente à liofilização, as amostras foram distribuídas em recipientes de plástico apropriados, formando uma fina camada de leite para facilitar o processo de sublimação, e então foram congeladas em um congelador do tipo freezer a uma temperatura negativa de -20°C por 48 horas.

Para o processo de liofilização em si, foi utilizado um liofilizador do modelo Christ Alpha 1-4 LD (Germany), e seguida a metodologia usada pelo LANA. O procedimento consiste em submeter as amostras de leite congelado a uma temperatura de -56°C e baixa pressão (alto vácuo) por 72 horas, fazendo

com que a água no seu estado sólido sublima e passe diretamente para o estado gasoso.

Após a liofilização, as amostras foram armazenadas e, em seguida, enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal da UFBA em Salvador-BA, para a extração e identificação do perfil lipídico do leite, por meio de cromatografia gasosa de alto desempenho, com uso de cromatógrafo de fase gasosa, SHIMADZU, modelo GC-17A, com auto injetor Shimadzu CBM-101, acoplado a um microcomputador com software Class – GC10 versão 1.61.

Os ácidos graxos das amostras foram metilados de acordo com Kramer *et al.* (1997). O éster metílico de ácido graxo resultante foi determinado usando um cromatógrafo a gás (modelo Focus GC; Thermo Scientific, Milão, Itália), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida SP-2560 (100 mx 25 mm x 0,2 µm de espessura do filme; Supelco, Bellefonte, Pensilvânia, USA). O hidrogênio foi usado como gás de arraste (1 ml / min) e o nitrogênio como gás auxiliar. As temperaturas do detector e do injetor foram ajustadas em 250 °C, com razão de divisão 15: 1. A temperatura do forno foi ajustada para 70 °C por 4 min, aumentada em 13 ° C / min para 175 °C, mantida por 27 min, aumentada em 4 °C / min para 215 °C e mantida por 31 min (KRAMER *et al.* 1997). O FAME foi identificado por comparação de três referências do FAME (Supelco FAME mix # C4-C24, CLA trans-9, cis 11 # 16413 e CLA trans-10, cis 12 # 04397; Sigma Aldrich). Os isômeros cis / trans-18: 1 foram identificados de acordo com sua ordem de eluição relatada sob as mesmas condições cromatográficas (KRAMER *et al.*, 1997).

### Delineamento estatístico

A pesquisa foi desenvolvida em delineamento inteiramente casualizado e a análise estatística dos dados foi realizada por meio do software SAS (Statistical Analysis System). Os parâmetros físico-químicos e o perfil de ácidos graxos foram submetidos ao teste de médias, com nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. E os dados da análise sensorial foram submetidos ao teste Qui-quadrado ao nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Frequências alélicas e genótípicas

A maioria dos 71 animais revelaram-se potencialmente promissores para produção de leite do tipo A2, em relação à beta-caseína, conforme descrito na Tabela 1. Os machos apresentaram o alelo A2 em sua totalidade e, das 68 fêmeas, 61 apresentaram o genótipo A2A2. As frequências genótípicas do rebanho para os genótipos A2A2 e A1A2 foram de 90,14% e 9,86%, respectivamente. Dado que, apenas fêmeas foram heterozigóticas (A1A2) e, não houve nenhuma expressão do genótipo A1A1.

As frequências alélicas da beta-caseína do leite foram de 95,07% e 4,93% para os genes A2 e A1, respectivamente, de acordo com os dados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Frequência alélica e genotípica da beta-caseína do leite na raça Sindi

CSN2 Sindi	Frequência alélica (%)		Frequência genotípica (%)		
	A1	A2	A1A1	A1A2	A2A2
♂	-	100	-	-	100
♀	5,15	94,85	-	10,29	89,71
♀♂	4,93	95,07	-	9,86	90,14

♂ - percentual de machos; ♀ - percentual de fêmeas; ♀♂ - somatório da % de fêmeas e machos

De acordo com Woodford (2008), visto que uma vaca carrega com si duas cópias dos genes da beta-caseína (A1 e/ou A2), ela pode apresentar apenas um dos três genótipos seguintes: homozigoto (A1A1 ou A2A2) ou heterozigoto dominante (A1A2). Portanto, o leite de uma vaca A1A2 contém os dois tipos de beta-caseína em quantidades iguais, as vacas A2A2 produziram leite apenas com a beta-caseína A2 e uma vaca A1A1 produzirá apenas a beta-caseína A1.

Ainda, em concordância com o mesmo autor, se uma vaca é homozigota A2A2 ou A1A1, assegura-se que o alelo A2 ou A1, respectivamente, será repassado para sua progênie. Do mesmo modo, uma vaca heterozigota A1A2 tem 50% de chance de passar um dos dois alelos (WOODFORD, 2008). Assim, em um processo de seleção para melhoramento genético, pode-se tomar a decisão de manter animais A2A2 no rebanho e descartar os A1A2, visto que o rebanho estudado possui alto potencial para selecionar animais com o alelo A2.

Vários autores realizaram estudos para quantificar as frequências alélicas e genótípicas nas mais variadas raças. No entanto, na raça Sindi ainda há poucos dados sobre as frequências dos genes e genótipos da beta-caseína. Lima e Lara (2015), trabalhando com poucos exemplares da raça (N=5), encontraram frequência de 100% para o alelo A2, comprovando a predisposição da raça Sindi em produzir um leite menos alergênico e transmitir essa característica aos seus descendentes. Estes mesmos autores encontraram frequência de 8, 58 e 34% na raça Caracu para os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente. Para a raça Guzerá, Rangel *et al* (2017) obtiveram resultados de frequências alélicas de 97% para o alelo A2 e de 93% para o

genótipo A2A2. Em estudo com a raça Jersey, outra importante raça de aptidão leiteira, Zepeda-Batista *et al* (2015) encontraram frequência de 71% para o alelo A2 e 19% para o alelo A1. E por fim, Miluchová *et al* (2014), em pesquisa com a raça Simental, detectaram presença dos três genótipos, com frequências de 12,61, 33,33 e 54,05% para A1A1, A1A2 e A2A2.

Por ser a principal raça leiteira zebuína do Brasil, há uma predominância de pesquisas com o polimorfismo da beta-caseína da raça Gir. Vercesi Filho *et al* (2012) encontraram frequência alélica de 88,5% para A2 e 11,5% para A1, e 8,4, 6,2 e 85,4% para os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente. Lima e Lara (2015), trabalhando com a mesma raça, encontraram frequências genótípicas de 2, 13 e 85% para os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente. Em estudo com vacas da raça Gir, Soares *et al* (2019) obtiveram resultados de frequências de 11 e 89% para os alelos A1 e A2, respectivamente, e 1, 19 e 80% para os genótipos A1A1, A1A2, A2A2, respectivamente. E ainda, Rangel *et al* (2017) encontraram frequência de 98% para o alelo A2 e 96% para o genótipo A2A2 da mesma raça, e não houve presença do genótipo A1A1.

A raça Holandesa, por ser a principal raça leiteira disseminada mundialmente, também despertou o interesse dos pesquisadores em estudar as características dos genes para a beta-caseína. Hanusová *et al* (2010) obtiveram frequências de 54 e 46% para os alelos A1 e A2, e 13, 83 e 4% para os genótipos A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente. Já Massella *et al* (2017), fizeram um levantamento com 1226 vacas holandesas em duas fazendas leiteiras na Itália e encontraram frequências genótípicas de 13,9% para A1A1, 40,3% para A1A2

e 30,1% para A2A2, e as frequências alélicas foram de 37,1 e 54,6% para A1 e A2, respectivamente. Miluchová *et al* (2014) identificaram a presença dos três genótipos possíveis, também na raça holandesa, 13,79, 45,98 e 40,23 para A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente.

É preciso enfatizar que os autores citados trabalharam com outras amostras populacionais e que as frequências genóticas e alélicas são intrínsecas a cada população, portanto as diferenças, embora mínimas, existem.

Os resultados deste trabalho, bem como dos estudos citados anteriormente, atestam a alta frequência do alelo A2 encontrado nas raças zebuínas. Assim sendo, 90,14% dos animais pesquisados (N=64) pode produzir o leite A2 e/ou transmitir essa característica aos seus descendentes, originando um produto que pode ser consumido com maior segurança pelas pessoas que manifestam sensibilidade à beta-caseína. Esse dado é relevante para a população alérgica a proteína do leite, visto que poderão consumir o produto sem apresentarem reações adversas.

Os bovinos avaliados apresentaram altas frequências gênicas e genóticas para a beta-caseína A2, revelando seu elevado potencial em produzir leite menos alergênico, e maior capacidade de transmitir essas características aos seus descendentes.

### **Composição físico-química**

Os valores médios de produção e da composição físico-química do leite são apresentados na Tabela 2. O resultado da análise dos dados, em função dos genótipos dominante (A1A2) e recessivo (A2A2) para beta-caseína do leite, apresentou diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) para proteína, SNG e densidade.

**Tabela 2** - Produção e composição físico química do leite em função dos genótipos recessivo e dominante para a beta-caseína de vacas da raça Sindi

Variáveis	Genótipos		CV (%)	P	IN 76
	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>			
Leite (Kg/animal/dia)	2,48 <sup>A</sup>	2,44 <sup>A</sup>	38,27	0,808	-
Proteína (%)	3,18 <sup>B</sup>	3,30 <sup>A</sup>	6,09	0,004	Mín. 2,9
Gordura (%)	4,91 <sup>A</sup>	5,06 <sup>A</sup>	23,18	0,514	Mín. 3,0
SNG (%)	9,15 <sup>B</sup>	9,49 <sup>A</sup>	5,64	0,005	Mín. 8,4
Densidade (g/mL)	1,030 <sup>B</sup>	1,031 <sup>A</sup>	9,49	0,046	1,028 – 1,034
Acidez (°D)	0,17 <sup>A</sup>	0,17 <sup>A</sup>	15,15	0,328	0,14 – 0,18

SNG = Sólidos Não Gordurosos; CV = Coeficiente de variação; P = Probabilidade do teste Tukey; IN = Instrução Normativa nº 76 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Quanto a produção de leite (kg), não há um valor de referência definido pela IN nº 76/2018 (BRASIL, 2018), e não houve diferença significativa entre os genótipos A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> e A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> (P>0,05) que apresentaram produção de 2,44 e 2,88 kg/dia, respectivamente. Contrastando com Soares *et al* (2019) que encontraram correlação positiva do genótipo A<sub>2</sub>A<sub>2</sub> com a produção de leite na raça Gir, e com os resultados de Bugeac *et al* (2015) que verificaram associação do polimorfismo da beta-caseína com características do leite de vacas holandesas, e concluíram que o alelo A<sub>2</sub> tem um efeito positivo na produção de leite.

A produção de leite das vacas Sindi na fazenda estudada foi baixa, por se tratar de um sistema de produção extensivo e de um rebanho destinado, principalmente, a aulas e pesquisas da UFCG, não tendo sido explorado todo o seu potencial genético. Souza (2010) também mensurou baixas produções de leite em vacas Sindi no período seco (3,8 kg/dia) no Cariri paraibano, mesmo sendo suplementados volumoso e concentrado no cocho. Essa observação

evidencia que é possível incrementar a produção leiteira com a simples prática de suplementação, onde Barbosa *et al* (2010) obtiveram produção de leite de até 9,74 kg/dia com suplementação com concentrado de 1,4% em relação ao peso vivo. Vale ressaltar que ambos os autores citados não trabalharam com a beta-caseína.

Os resultados de todos os parâmetros físico-químicos, independente do genótipo e da falta de suplementação da dieta dos animais, foram superiores aos valores de referência mínimos preconizados pela IN 76/2018 (BRASIL, 2018), que regulamenta as características e identidade do leite cru refrigerado, leite pasteurizado e leite tipo A, estando em conformidade com a legislação (Tabela 2).

Quanto aos valores da proteína, houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos A1A2 e A2A2, com resultados de 3,3 e 3,18%, respectivamente, havendo o genótipo A1A2 produzido leite com maior teor de proteína. Semelhantes aos 3,27% de proteína encontrados por Guerra *et al* (2008), e superiores aos 3,14% obtidos por Barbosa *et al* (2010) em vacas Sindi sem suplementação. Silva *et al* (2019), trabalhando com vacas mestiças de holandês com zebu e fornecendo 2,75% de suplementação em relação ao peso vivo, encontraram valor de 2,98% de proteína no leite. Bouamra *et al* (2019) e Khelifi *et al* (2017), em estudo com vacas Holandesas, encontraram 3,1 e 2,91% de proteína no leite, respectivamente, mas não estavam estudando a beta-caseína.

Quanto a gordura, não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os grupos. As vacas apresentaram 5,06 e 4,91% de gordura no leite para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente. Estes resultados foram maiores do

que os encontrados por Saraiva *et al* (2015), Barbosa *et al* (2010) e Guerra *et al* (2008), que obtiveram valores de 4,8, 3,62 e 3,57% de gordura no leite, respectivamente, também pesquisando a raça Sindi, mas não a beta-caseína. Em estudo avaliando a composição físico-química do genótipo A2A2 da beta-caseína do leite, Rangel *et al* (2017) obtiveram valores de 4,21 e 4,28% de gordura para as raças Gir e Guzerá, respectivamente. Para a raça Holandesa, Bouamra *et al* (2019) e Khelifi *et al* (2017) encontraram valores de 3,55 e 3,1% de gordura no leite. Bugeac *et al* (2015), em estudo com vacas Holandesas, encontraram valores de 5,09 e 4,73% de gordura, para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente. Os resultados encontrados neste trabalho e na literatura evidenciam o potencial do Sindi em produzir leite com maior teor de sólidos totais, o que melhora o rendimento do leite nas indústrias de laticínios. No entanto, não houve interferência dos genótipos sobre os teores de gordura.

Os sólidos não gordurosos correspondem aos sólidos totais do leite, com exceção da gordura. Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, onde os valores encontrados foram de 9,49 e 9,15%, para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente. A maior produção de SNG pelo genótipo A1A2 pode ser explicada pelo fato do teor de proteína deste genótipo também ter sido superior ao A2A2, influenciando diretamente no total de SNG. Esses valores são superiores aos encontrados por Rangel *et al* (2017) ao avaliarem a composição físico-química do leite de vacas A2A2 nas raças Gir (8,77% de SNG) e Guzerá (8,97% de SNG). Saraiva *et al* (2015) em estudo com a raça Sindi, testando dietas com diferentes fontes de fibra associadas a palma forrageira, encontraram um valor máximo de 8,9% de SNG dentre os

tratamentos. Na raça Holandesa, Khelifi *et al* (2017) encontraram 8,7% de SNG no leite, mas não estava avaliando o efeito dos genótipos da beta-caseína.

Para a densidade também houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), com resultados de 1,031 e 1,030 g/mL para os genótipos A1A2 e A2A2, respectivamente. Essa característica é importante para a detecção de adulteração do leite por adição de água ou desnate do leite, caso haja redução ou aumento da densidade, respectivamente. Barbosa *et al* (2010) e Guerra *et al* (2008) encontraram valores de densidade acima de 1,033 g/mL na raça Sindi, quando avaliaram diferentes níveis de suplementação e análise físico-química comparativa, respectivamente. Enquanto que Saraiva *et al* (2015), em pesquisa com vacas Sindi, mesmo consumindo cinco dietas diferentes, encontraram valores de densidade todos abaixo dos padrões estabelecidos pela IN 76/2018 (BRASIL, 2018). Em estudo com a raça Holandesa, Khelifi *et al* (2017) encontraram densidade de 1,033 g/mL no leite, porém não estavam estudando a beta-caseína.

Para a acidez, não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os grupos avaliados e os valores estão dentro dos padrões exigidos. Ambos os genótipos A1A2 e A2A2 apresentaram média de 17°D de acidez titulável no leite. Isto é bom, visto que, de acordo com Magri (2015), qualquer elevação dos níveis de acidez além dos valores normais indica ação de microrganismos sobre a lactose, que é metabolizada a ácido láctico, entretanto a acidez não mede a contagem bacteriana no leite. Barbosa *et al* (2010) também obtiveram valores de acidez (17,53°D) dentro dos padrões estabelecidos, em vacas Sindi criadas de forma extensiva sem suplementação.

### Análise sensorial

O resultado da comparação dos genótipos A1A2 e A2A2, quanto aos atributos sensoriais do leite, são apresentados na Tabela 4. Nenhum provador atribuiu nota 1 a quaisquer características. E o resultado da produção e composição físico-química do leite, referente apenas à coleta para a realização da análise sensorial, estão expostos na Tabela 3.

As amostras A1A2 e A2A2 de leite Sindi foram bem aceitas pelos provadores, que avaliaram os atributos de aparência, cor, aroma, consistência, sabor e aceitação global. Sendo assim, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis. Bonacina, Baccin e Rosa (2018) também não encontraram diferença para odor e sabor característicos dentre as cinco marcas comerciais de leite pasteurizado que estudaram, mas houve diferença para cor, propriedade organoléptica com grande influência na aceitação de produtos lácteos (BARRETO *et al.*, 2016).

**Tabela 3** - Produção e composição físico química do leite, referente à coleta para a análise sensorial, em função dos genótipos recessivo e dominante para a beta-caseína de vacas da raça Sindi

Variáveis	Genótipos		IN 76
	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	
Leite (Kg/animal/dia)	2,0	1,75	-
Proteína (%)	3,19	3,10	Mín. 2,9
Gordura (%)	5,84	5,31	Mín. 3,0
SNG (%)	9,15	8,93	Mín. 8,4
Densidade (g/mL)	1,029	1,029	1,028 – 1,034
Acidez (°D)	16,7	18,5	14 – 18

SNG = Sólidos Não Gordurosos; CV = Coeficiente de variação; P = Probabilidade do teste Tukey; IN = Instrução Normativa nº 76 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 4** - Frequência absoluta (N) e relativa (%) para os atributos sensoriais do leite dos genótipos A1A2 e A2A2 da beta-caseína

Atributos*	A1A2		A2A2		P
	N	%	N	%	
<b>Aparência</b>					
5	2	1,25	2	1,25	0,8117
6	2	1,25	3	1,88	
7	9	5,63	13	8,13	
8	31	19,38	25	15,63	
9	36	22,50	37	23,13	
<b>Cor</b>					
4	1	0,63	0	0,00	0,7717
5	0	0,00	1	0,63	
6	2	1,25	1	0,63	
7	10	6,25	12	7,50	
8	31	19,38	30	18,75	
9	36	22,50	36	22,50	
<b>Aroma</b>					
2	0	0,00	1	0,63	0,8841
4	1	0,63	1	0,63	
5	10	6,25	10	6,25	
6	5	3,13	5	3,13	
7	15	9,38	20	12,50	
8	31	19,38	25	15,63	
9	18	11,25	18	11,25	
<b>Consistência</b>					
4	1	0,63	0	0,00	0,7289
5	2	1,25	2	1,25	
6	1	0,63	2	1,25	
7	15	9,38	20	12,50	
8	34	21,25	35	21,88	
9	27	16,88	21	13,13	
<b>Sabor</b>					
3	2	1,25	0	0,00	0,4030
4	1	0,63	5	3,13	
5	0	0,00	1	0,63	
6	10	6,25	11	6,88	
7	16	10,00	17	10,63	
8	31	19,38	26	16,25	
9	20	12,50	20	12,50	
<b>Aceitação global</b>					
4	0	0,00	3	1,88	0,3894
5	1	0,63	0	0,00	
6	3	1,88	5	3,13	
7	15	9,38	18	11,25	
8	37	23,13	32	20,00	
9	24	15,00	22	13,75	

\* = nota 2 (desgostei muito); nota 3 (desgostei moderadamente); nota 4 (desgostei ligeiramente); nota 5 (indiferente); nota 6 (gostei ligeiramente); nota 7 (gostei moderadamente); nota 8 (gostei muito); nota 9 (gostei muitíssimo); P= teste Qui-quadrado a 5%.

A gordura é o principal componente que pode afetar as características sensoriais do leite (FROST; DIJKSTERHUIS; MARTENS, 2001). Mas também, a ordem de parto (BARRETO *et al.*, 2016); a alimentação (FAULKNER *et al.*, 2018), dentre outros fatores, podem interferir na aceitabilidade do produto.

Desse modo, a semelhança estatística dos resultados da análise sensorial pode ser explicada pelo fato de não haver diferença na porcentagem de gordura (Tabela 3) e no perfil de ácidos graxos (Tabela 6) do leite, e na dieta que todas as vacas receberam.

Pouco se sabe sobre a influência dos genótipos da beta-caseína sobre as características sensoriais do leite, mas pôde-se observar que, para todas as variáveis estudadas, a maioria dos provadores (95,1%) atribuíram notas de 6 acima, atestando a qualidade e aceitabilidade do leite. Machado *et al* (2014) também encontraram boa aceitabilidade para uma das três marcas comerciais de leite pasteurizado que avaliaram, ao fazerem um teste de médias e obter valores acima de 6,0 para aroma, sabor e aparência. E, Mendes, Morais e Rodrigues (2019), ao realizarem análise sensorial de dois tipos de queijo produzidos com leite do tipo A2 para a beta-caseína, concluíram que não houve comprometimento da aceitação dos produtos pelos consumidores e indicaram que o leite A2A2 pode ser promissor para a fabricação de produtos lácteos.

Os provadores também foram instruídos a ordenar as amostras de leite, conforme a sua preferência, em primeiro ou segundo lugar (Tabela 5). Também não foi encontrada diferença significativa entre os genótipos. O que já era esperado, visto que não houve diferença estatística nos atributos sensoriais avaliados.

**Tabela 5** - Frequência absoluta (N) e relativa (%) da ordem de preferência de aceitação do leite dos genótipos A2A2 e A1A2, durante a análise sensorial

Preferência	A1A2		A2A2		P
	N	%	N	%	
1º lugar	44	27,5	36	22,5	0,2059
2º lugar	36	22,5	44	27,5	

P= teste Qui-quadrado a 5%.

O fato das vacas serem criadas em sistema extensivo, recebendo a mesma dieta, pode explicar a semelhança na preferência pelo leite de ambos os genótipos. Faulkner *et al* (2018) não estudou a beta-caseína, mas submeteu à análise sensorial o leite pasteurizado proveniente de vacas recebendo 3 dietas diferentes, e encontrou preferência sensorial pelo leite produzido a partir de vacas recebendo apenas capim, porém não estavam estudando a beta-caseína.

Ao elaborar uma revisão sobre os últimos 100 anos de pesquisas sobre análise sensorial de leite, Schiano, Harwood e Drake (2017) concluíram que a avaliação das características sensoriais dos produtos alimentícios tem sido e continuará sendo o método final para avaliar a qualidade do produto e que as ferramentas de análise sensorial são os meios definitivos para garantir a qualidade sensorial, avaliar a aceitabilidade e identificação de falhas no leite fluido.

A aceitação e similaridade dos resultados da análise sensorial do leite para ambos os genótipos, comprova que a beta-caseína A2 não altera e nem exerce efeito sobre as características sensoriais do leite.

### **Perfil de ácidos graxos**

O resultado da análise do perfil de ácidos graxos do leite dos grupos genéticos ou genótipos A1A2 e A2A2 da beta-caseína são apresentados na

Tabela 6 - É possível observar que não houve diferença estatística significativa ( $P>0,05$ ) para nenhum destes genótipos na raça Sindi.

Na literatura consultada não foram encontradas referências quanto ao efeito dos genótipos da beta-caseína sobre o perfil de ácidos graxos do leite. Posto isto, para fins comparativos e de embasamento científico, serão citados dados referentes aos ácidos graxos do leite em pesquisas com outras hipóteses técnicas.

**Tabela 6.** Perfil de ácidos graxos do leite dos grupos genéticos A1A2 e A2A2 da beta-caseína de vacas Sindi

Ácidos Graxos	Grupos Genéticos		CV	P
	A1A2	A2A2		
C4:0	1,990	1,896	10,17	0,4736
C6:0	1,652	1,560	8,86	0,3337
C8:0	0,918	0,850	14,73	0,4330
C10:0	1,682	1,564	19,27	0,5673
C12:0	1,814	1,666	24,16	0,5930
C13:0	0,130	0,122	33,29	0,7707
C14:0	8,208	7,648	22,62	0,6348
C14:1	1,014	0,816	62,28	0,5977
C15:0	1,512	1,416	9,67	0,3150
C16:0	27,746	26,646	14,44	0,6697
C16:1	2,432	2,372	17,19	0,8240
C17:0	1,090	1,204	14,39	0,3068
C18:0	11,716	12,276	22,89	0,7554
C18:1 t9	0,3338	0,3580	23,38	0,7077
C18:1 t11	1,570	1,596	16,29	0,8773
C18:1 c9	25,07	26,13	15,87	0,6908
C18:1 c11	0,608	0,666	17,32	0,4300
C18:2 n6	1,358	1,414	8,64	0,4809
C18:3 n3	0,290	0,308	12,45	0,4664
CLA c9t11	0,65	0,64	3,20	0,4651
CLA t10c12	0,116	0,124	22,51	0,6522
C20:4 n6	0,164	0,144	12,66	0,1434
Soma	92,068	91,416	1,14	0,3525
Outros	7,932	8,584	12,65	0,3525

CV= coeficiente de variação %;  
P= teste Tukey a 5%.

Talpur, Bhangar e Khuhawar (2006), em estudo também com a raça Sindi, encontraram valores semelhantes para os ácidos graxos C6:0 (1,58 g/100g), C16:0 (26,97 g/100g), C18:1 c9 (26,56 g/100g), e valores superiores para o C18:3 n3 (0,45 g/100g), CLA c9 t11 (1,3 g/100g), C12:0 (2,6 g/100g) e C14:0 (6,27 g/100g). E ainda, ao comparar os valores com outra raça paquistanesa, a Thari Branco, encontraram valores maiores de ácidos graxos insaturados e de CLA na raça Sindi.

Melo *et al* (2018) determinaram o perfil de ácidos graxos de vacas Girolando e, no tratamento controle, obtiveram resultados dos ácidos graxos C12:0, C14:0 e C16:0 superiores aos encontrados na raça Sindi, sendo que estes ácidos são associados à ocorrência de doenças cardiovasculares, devido suas propriedades hipercolesterolêmicas (FAO, 2010). E valores abaixo aos do Sindi para os ácidos C18:1 c9, C18:3 n3 e, principalmente o CLA c9t11, que apresenta propriedades bioativas modulando a inflamação, prevenção de câncer, obesidade, diabetes e doença cardiovascular (GÓMEZ-CORTÉS; JUÁREZ; DE LA FUENTE, 2018).

Em estudo com a raça Holandesa, Muñoz *et al* (2019), mesmo suplementando as vacas com uma mistura de ácido graxo pré-carregado a partir de óleo de palma fracionado, encontrou valores inferiores aos da raça Sindi para os ácidos linoleicos conjugados (CLA's c9t11 e t10c12), C18:1 t11 (precursor para a síntese de CLA na glândula mamária), C18:1 c9 e C18:3 n3, que apresentam propriedades benéficas à saúde humana tais como, anticarcinogênicas e antidiabetogênicas (BENJAMIN e SPENER, 2009), cardioprotetoras e anti-inflamatórias (SALTER, 2013). E obtiveram valores

elevados dos ácidos C12:0, C14:0 e C16:0, alguns bem acima dos encontrados para a raça Sindi e associados com malefícios à saúde humana, como já citado anteriormente. Para a raça Jersey, Isenberg *et al* (2019) encontraram valores maiores para o C12:0 e C14:0, e menores para o C18:1 c9, C18:3 n3, quando comparados a raça Sindi.

Ainda há controvérsias quanto aos possíveis malefícios que os ácidos graxos do leite podem trazer à saúde humana. Em pesquisa recente, Gómez-Cortés, Juárez e De La Fuente (2018) expõem uma visão mais atualizada sobre os benefícios dos ácidos graxos e concluem que o ácido butírico (C4:0) desempenha um papel essencial na manutenção da saúde da microbiota intestinal humana; ácidos graxos saturados de cadeia média mostram efeitos benéficos no controle de peso e no metabolismo lipídico; ácidos graxos saturados de cadeia curta apoiam a colonização de microrganismos específicos no microbiota intestinal ao nascimento e também estão relacionados a efeitos positivos em doenças inflamatórias crônicas.

Independente dos dados inconclusivos acerca dos efeitos dos ácidos graxos do leite na saúde humana, os resultados obtidos nesta pesquisa, quando confrontados com dados da literatura, fornecem indícios de que o perfil de ácidos graxos do leite em raças taurinas (Holandesas e Jersey) e seus cruzamentos com raças zebuínas (Girolando), torna-o potencialmente mais prejudicial à saúde do que o leite advindo da raça Sindi que, associado a elevada frequência do alelo A2 da beta-caseína, se mostra promissor em beneficiar uma escala maior de consumidores. A fim de comprovar estes indícios, se faz necessário a realização

de pesquisas submetendo estas raças às mesmas condições ambientais (clima, alimentação, etc.).

Os genótipos da beta-caseína na raça Sindi também não influenciou no perfil de ácidos graxos do leite. E, levantou indícios de ser mais saudável, quando comparados às raças Holandesas e Jersey. Porém, nesse quesito, é preciso realizar mais pesquisas para fazer tal afirmativa.

## **CONCLUSÕES**

O rebanho apresentou elevadas frequências alélica e genotípica para A2 e A2A2, respectivamente. Sendo promissor para produção de um leite mais saudável e, podendo transmitir essas características aos seus descendentes.

De modo geral, os genes recessivo e dominante para a beta-caseína exercem pouco efeito sobre as características físico-químicas do leite, apenas no teor de proteína, no SNG e na densidade, e nenhum efeito sobre o perfil de ácidos graxos e análise sensorial do leite.

Este estudo trouxe evidências e perspectivas sobre a correlação do polimorfismo da beta-caseína com a qualidade do leite na raça Sindi. Entretanto, mais pesquisas são necessárias para comprovar essa influência com mais características de interesse zootécnico, e assim, proporcionar embasamento científico para alavancar a produção de leite A2 no mercado brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. G. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais do leite de vacas Sindi suplementadas em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 362-370, 2010.
- BARRETO, M. L. *et al.* Physicochemical and sensory characteristics of milk from cows in different lactation stages and calving orders. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 1963–1970, 2016.
- BENJAMIN, S.; SPENER, F. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. **Nutr. Metab.**, v. 6, p. 36-48, 2009.
- BONACINA, M. S.; BACCIN, M. A.; ROSA, L. S. Características Sensoriais E Instrumentais Do Leite Pasteurizado Integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 3, p. 139–151, 2018.
- BOUAMRA, M. *et al.* Physicochemical quality of milk from Prim'holstein and Montbéliarde cows in Western Algeria. **Livestock Research for Rural Development**, v. 31, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 nov. 2018.
- BUGEAC, T. *et al.* Genetic Polymorphism of beta-Casein Gene and its Associations with Milk Traits in Holstein-Friesian Cows. **Animal Science and Biotechnologies**, v. 48, n. 1, p. 103–107, 2015.
- EMBRAPA. Déficit na balança comercial pode ser revertido. **Anuário Do Leite 2018**. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora, MG. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite> Acesso em: 08 jan. 2020.
- FAO. FATS and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. **Food Nutr. Pap.**, v. 91, p. 99- 119, 2010.
- FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de Análise Sensorial**. Campinas: ITAL/LAFISE, 116 p, 2002.
- FAULKNER, H. *et al.* Effect of different forage types on the volatile and sensory properties of bovine milk. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 2, p. 1034–1047, 2018.
- FERREIRA, V. L. P. *et al.* **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. 127 p.

FROST, M.B.; DIJKSTERHUIS, G.; MARTENS, M. Sensory perception of fat in milk. **Food Quality and Preference**, v.12, n.5-7, p.327-336, 2001.

GÓMEZ-CORTÉS, P.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M. A. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. **Trends in Food Science and Technology**, v. 81, n. August, p. 1–9, 2018.

GUERRA, I. C. D. *et al.* Análise comparativa da composição centesimal de leite bovino, caprino e ovino. **Anais... Catálogo de Resumos do X Encontro de Iniciação à Docência**, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2008.

HANUSOVÁ, E. *et al.* Genetic variants of beta-casein in Holstein dairy cattle in Slovakia. **Slovak J. Anim. Sci.**, v. 43, n. 2, p. 63–66, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coord. Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

ISENBERG, B. J. *et al.* Production, milk fatty acid profile, and nutrient utilization in grazing dairy cows supplemented with ground flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 2, p. 1294–1311, 2019.

KHELIFI, N. A. O. *et al.* Physicochemical analysis of raw milk of prim'holstein cows in the region of Mitidja in Algeria. **Livestock Research for Rural Development**, v. 29, 2017.

Köppen, W. (1948). **Climatologia; com un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

KRAMER, J.K.G. *et al.* Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, v. 32, n. 11, p. 1219-1228, 1997.

LIMA, A. C. J.; LARA, M. A. C. Polimorfismo do gene  $\beta$ -Caseína em bovinos. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA**, v. 6, p. 280–285, 2015.

MACHADO, A. R. T. *et al.* Características Físico-Químicas E Sensoriais De Três Marcas de Leite De Vaca Pasteurizado E Comercializado Na Cidade De Alfenas-MG. **Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde**, p. 93-99, 2014.  
MAGRI, L. P. Quantificação de acidez titulável e pH utilizando técnica potenciométrica como indicador de qualidade do leite bovino. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados), Faculdade de Farmácia e Bioquímica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de fora, 2015.

MASSELLA, E. *et al.* Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy. **Italian Journal of Food Safety**, v. 6, n. 3,

p. 131–133, 2017.

MELO, M. T. P. *et al.* Composição de ácidos graxos do queijo e leite de vacas alimentadas com casca de banana. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 965–974, 2018.

MENDES, M. O.; MORAIS, M. F.; RODRIGUES, J. F. A2A2 milk: Brazilian consumers' opinions and effect on sensory characteristics of Petit Suisse and Minas cheeses. **Lwt**, v. 108, p. 207–213, 2019.

MILUCHOVÁ, M. *et al.* Analysis of Beta-Casein Gene (CSN2) Polymorphism in Different Breeds of Cattle. **Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies**, v. 47, n. 2, p. 56–59, 2014.

MORAES, M.A.C. 1985. **Métodos de Avaliação Sensorial dos Alimentos**. Campinas: UNICAMP – Faculdade de Engenharia de Alimentos, 85 p.

MUÑOZ, C. *et al.* Effects of feeding unprocessed oilseeds on methane emission, nitrogen utilization efficiency and milk fatty acid profile of lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 249, n. April 2018, p. 18–30, 2019.

RANGEL, A. H. N. *et al.* Polymorphism in the Beta Casein Gene and analysis of milk characteristics in Gir and Guzera dairy cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, 2017.

SALTER, A.M. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. **Animal**, v. 7, p. 163-171, 2013.

SARAIVA, C. A. S. *et al.* Forage cactus associated with different fiber sources for lactating Sindhi cows: Intake, digestibility and microbial protein production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 10, p. 530–536, 2015.

SCHIANO, A. N.; HARWOOD, W. S.; DRAKE, M. A. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9966–9986, 2017.

SILVA, D. A. *et al.* Chemical and fatty acid composition of milk from crossbred cows subjected to feed restriction. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

SOARES, L. R. *et al.* Efeito dos genótipos da beta caseína sobre a produção e composição do leite na raça Gir Leiteiro. **Anais... 13º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, p. 1-9, 2019.

SOUZA, D. R. M. Qualidade do leite de vacas das raças Guzera e Sindi criadas no Cariri Ocidental Paraibano - Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Medicina Veterinária), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2010.

TALPUR, F. N.; BHANGER, M. I.; KHUHAWAR, M. Y. Comparison of fatty acids and cholesterol content in the milk of Pakistani cow breeds. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 698–703, 2006.

VERCESI FILHO, A. E. *et al.* Identificação de alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseínas na raça Gir Leiteiro. In: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. **Anais...** João Pessoa, Paraíba. 2012.

VERCESI FILHO, A. E. Identificação de alelos para o gene da beta-caseína na raça Gir leiteiro. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 8, n. 2, 2011.

WOODFORD, K. A1 beta-casein, type 1 diabetes and links to other modern illnesses. **IDF Congress**, n. April, p. 1–20, 2008.

ZEPEDA-BATISTA, J. L. *et al.* Polymorphism of three milk protein genes in Mexican Jersey cattle. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 18, n. 1, p. 1–4, 2015.