

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

**Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a
qualidade da carne**

Aline Aparecida da Silva Miguel

CAMPO GRANDE – MS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

**Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a
qualidade da carne**

Genotypic characterization of Texel crossbred lambs for genes associated with meat
quality

Aline Aparecida da Silva Miguel

Orientadora: Profa. Dra. Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Mato Grosso do Sul, como requisito à
obtenção do título de Mestre em Ciência
Animal. Área de concentração: Produção
animal.

CAMPO GRANDE – MS

2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ALINE APARECIDA DA SILVA MIGUEL

**CARACTERIZAÇÃO GENOTÍPICA DE CORDEIROS MESTIÇOS TEXEL PARA GENES ASSOCIADOS
COM A QUALIDADE DE CARNE**

**GENOTYPIC CHARACTERIZATION OF TEXEL CROSSBRED LAMBS FOR GENES ASSOCIATED
WITH MEAT QUALITY**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 20-12-2023

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Gleice Kelli Ayardes de Melo
(UFMS) – Presidente

Dra. Monalissa de Melo Stradiotto
(UCDB)

Dra. Susana Amaral Teixeira
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Gleice Kelli Ayardes de Melo, Usuário Externo**, em 21/12/2023, às 11:23, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Susana Amaral Teixeira, Professora do Magistério Superior**, em 21/12/2023, às 14:32, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **MONALILSSA DE MELO STRADIOTTO PERES, Usuário Externo**, em 19/01/2024, às 18:11, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4559161** e o código CRC **2C77B1BA**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33

SEI nº 4559161

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me iluminar e me encaminhar para que eu alcance tudo que almejo. À Nossa Senhora Aparecida, por me levar como uma filha para perto do seu filho.

À equipe docente da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, pelos ensinamentos. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por fornecer todo apoio que um acadêmico necessita. À CAPES pelo fomento à pesquisa.

À professora Dra. Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo, por toda experiência e aprendizado que sua orientação me ofereceu, e acima de tudo a confiança que me concedeu nestes últimos anos. Ao professor Dr. Carlos Alberto do Nascimento Ramos, pela orientação e confiança. E a ambos por me ajudarem acreditar em meu potencial. As minhas parceiras de equipe do GEO (Camila, Priscila, Thais, Évelyn e Gleice), obrigada por todos os anos de trabalho árduo, mas repleto de aprendizado, alegria e companheirismo, e aos estagiários que sempre dão ao máximo para que o setor continue forte.

Aos meus pais, Arlete da Silva Miguel e Waldir Pereira Miguel (*In memoriam*), por sempre me apoiarem em minhas escolhas, me incentivarem a superar desafios, medos e me inspirarem a seguir os meus sonhos. Obrigada por todo amor, aconchego, felicidade! Ao meu esposo, Rafael de Souza Batista, por ser meu companheiro desde o início da minha jornada acadêmica, sempre me incentivando a mostrar o meu melhor, e sendo uma ótima inspiração tanto profissional, quanto em nossa vida juntos. Ao meu bebezinho, Arthur, obrigada por me mostrar o que é amor verdadeiro. Ao meu irmão Wladimir da Silva Miguel e os meus três maravilhosos que me deu, Karine, Gabriel e Caio, por serem o meu motivo de alegria, risos e descontração nos momentos em que eu mais precisava.

Obrigada às minhas amigas Lavínia e Débora pela amizade desde o primeiro ano de faculdade de amizade, à minha amiga/cumadre Rosanne e ao meu afilhado amado João Vicente, obrigada por me dar essa graça de ser madrinha desse neném maravilhoso. Agradecer aos meus amigos que ajudaram a cursar esta etapa, por todas as noites de estudo, conselhos e risadas, com certeza tornaram esta fase muito mais leve.

Agradeço a todos por estarem comigo neste momento!

Palavras são, na minha não tão humilde opinião, nossa inesgotável fonte de magia. Capazes de ferir e de curar.

(J. K Rowling - *Harry Potter e as Relíquias da Morte*)

RESUMO

MIGUEL, A. A. S. Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a qualidade da carne. 2023. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

A identificação de ovinos portadores de polimorfismos associados a características de interesse econômico em animais pode ser uma estratégia interessante no âmbito da agropecuária. Deste modo, objetivou-se identificar polimorfismos associados com a qualidade da carne em um rebanho de cordeiros mestiços texel (filhos de reprodutores Texel com fêmeas SRD). Os cordeiros (n=51) foram desmamados aos 90 dias e receberam suplementação proteico-energética formulada para atingir média diária de ganho de peso de 300 g. Aos 120 dias, os cordeiros foram abatidos e amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram coletadas para análises de qualidade da carne e caracterização genotípica. Foram observados polimorfismos no gene *CAST*, resultando em três genótipos (MM, MN e NN) na população estudada. Cordeiros do genótipo MM apresentaram menor perda de exsudato durante o abate, perdendo dois pontos percentuais a menos de água em comparação com os outros genótipos. No gene *DGAT-1*, foram identificados dois genótipos (CC e CT), sendo o genótipo CT associado ao maior peso ao nascimento, com aumento médio de 0,89 kg em comparação com o genótipo CC (p<0,05). Além disso, os cordeiros com genótipo CC demonstraram maior espessura de gordura subcutânea, com acréscimo de 0,41 mm (p<0,05). Em relação ao gene *LepR*, não foram encontrados polimorfismos (p<0,05), sendo todos os animais do rebanho caracterizados pelo genótipo CC.

Palavras chave: ovinocultura de corte, polimorfismo, marcadores moleculares, *CAST*, *DGAT1*, *LepR*

ABSTRACT

MIGUEL, A. A. S. Genotypic characterization of Texel crossbred lambs for genes associated with meat quality. 2023. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

The identification of sheep carrying polymorphisms associated with characteristics of economic interest in animals can be an interesting strategy in the agricultural sector. Therefore, the objective was to identify polymorphisms associated with meat quality in a herd of Texel crossbred lambs (offspring of Texel breeders with SRD females). The lambs (n=51) were weaned at 90 days and received protein-energy supplementation formulated to achieve an average daily weight gain of 300 g. At 120 days, the lambs were slaughtered and Longissimus dorsi muscle samples were collected for meat quality analysis and genotype characterization. Polymorphisms were observed in the CAST gene, resulting in three genotypes (MM, MN and NN) in the studied population. Lambs of the MM genotype showed less exudate loss during slaughter, losing two percentage points less water compared to the other genotypes. In the DGAT-1 gene, two genotypes were identified (CC and CT), with the CT genotype being associated with higher birth weight, with an average increase of 0.89 kg compared to the CC genotype ($p<0.05$). Furthermore, lambs with the CC genotype demonstrated greater subcutaneous fat thickness, with an increase of 0.41 mm ($p<0.05$). Regarding the LepR gene, no polymorphisms were found ($p<0.05$), with all animals in the herd characterized by the CC genotype.

Keywords: beef sheep farming, polymorphism, molecular markers, *CAST*, *DGAT1*, *LepR*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturas de domínio da calpastatina.....	12
Figura 2 - Formação de triacilglicerol (TAG) catalisada por diacilglicerol aciltransferase (DGAT).....	14
Figura 3 - Múltiplas vias de sinalização da leptina, ObRb, ativa as vias JAK2/STAT3, desencadeando a ativação de proteínas e juntamente com a insulina regulam o metabolismo energético do corpo, ligando-se a receptores diferentes na mesma célula, o que leva à ativação de vias de sinalização complementares.....	14
Figura 1 - Polimorfismos após a digestão enzimática	54
Figura 2 – Qualidade de carcaça de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos MMe MN para o gene <i>CAST</i>	55
Figura 3 - Qualidade da carcaça de cordeiros cruzados Texel associadas aos genótipos CC e CT para o gene <i>DGAT-1</i>	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características nutricionais da carne ovina comparado a outras espécies animais em base de matéria natural	6
Tabela 2 - Estimativas de herdabilidade (h^2) para características de qualidade de carne para ovinos.....	9
Tabela 1 - Metodologia para amplificação por meio da PCR (Polimerase Chain Reaction) e digestão de amostras obtidas a partir do tecido muscular de ovinos mestiços Texel ..	46
Tabela 2 - Frequência alélica de cordeiros cruzados Texel associados ao gene da Calpastatina (<i>CAST</i>), Diacilglicerol O-aciltransferase 1 (<i>DGAT-1</i>) e Receptor da leptina (<i>LepR</i>)	47
Tabela 3 - Desempenho de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene <i>CAST</i>	48
Tabela 4 - Características da carcaça de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene da <i>CAST</i>	49
Tabela 5 - Características físico-químicas da carne de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene da <i>CAST</i>	50
Tabela 6 - Desempenho de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene <i>DGAT-1</i>	51
Tabela 7 - Características da carcaça de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene <i>DGAT-1</i>	52
Tabela 8 - Características físico-químicas da carne de cordeiros cruzados Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene <i>DGAT-1</i>	53

SUMÁRIO

REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1. Considerações gerais	4
1.2. Qualidade da carne em ovinos	4
1.3. Melhoramento genético e Biologia Molecular aplicados à qualidade de carne em ovinos	8
1.4. Alguns genes que podem influenciar na qualidade de carne	11
1.4.1. Calpastatina.....	11
1.4.2. Diacylglycerol O-Acyltransferase 1	14
1.4.3. Leptina	15
1.5. Avaliação de polimorfismos de genes candidatos associados com a qualidade da carne	17
1.6 Considerações finais	18
2. Referências	20
CAPÍTULO 1.....	28
Resumo	29
INTRODUÇÃO	30
METODOLOGIA.....	31
Local e animais.....	31
Análise de desempenho zootécnico.....	31
Carcaça	31
Análise Molecular	32
Carne	33
Análises Estatísticas	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Considerações gerais

Atualmente tem sido observada uma crescente demanda por maior formalização e padronização dentro do setor de criação de ovinos no país, considerando sua significativa importância social e econômica (Hermuche et al., 2013) e considerando que o Brasil apresenta um ambiente favorável ao desenvolvimento dessa atividade, a implementação de estratégias sustentáveis se torna essencial. No entanto, a produção de ovinos pode ser afetada por uma variedade de fatores, que vão desde a inadequação da infraestrutura até as flutuações do mercado, além de questões relacionadas à nutrição e à qualidade da carne (Brasil, 2017), portanto é essencial investir em novas técnicas para aprimorar a produção.

O uso de biotecnologias é fundamental para o aumento da eficiência produtiva em diversas espécies animais. No entanto, a seleção com base em características fenotípicas, que são influenciadas pelo ambiente em que o animal vive, não permite uma precisão total no alcance das características desejadas. Através da biologia molecular, é possível identificar variações resultantes da expressão de diferentes alelos em um grupo de indivíduos (Montaldo e Meza-Herrera, 1998; Tolee et al., 2021).

Considerando que a carne é o principal produto de origem ovina comercializado no país, é fundamental controlar sua qualidade e o valor nutritivo, e uma vez que tais características são controlados por fatores tanto ambientais quanto genéticos, principalmente em propriedades que já tenham um bom controle dos fatores ambientais que possam influenciar no desempenho (nutrição, sanidade, reprodução entre outros), e com a avaliação de como os polimorfismos e como estes se expressam, podemos auxiliar a escolha de quais genes são potenciais marcadores (Pereira et al., 2015).

1.2. Qualidade da carne em ovinos

Os atributos da qualidade da carne podem ser divididos em quatro categorias distintas, a qualidade visual (aspectos que podem atrair ou afastar o consumidor); a qualidade gustativa (influenciando decisão de retorno do consumidor à compra do produto); a qualidade nutricional (formação de uma imagem favorável do produto como

um alimento saudável); e a segurança (aspectos higiênico-sanitários e relacionados aos contaminantes químicos) (Felicío, 1997; Zhang et al., 2022). E dentre os parâmetros essenciais para avaliar a qualidade da carne, se destacam a maciez, o teor de gordura intramuscular, a suculência (associada à habilidade de retenção de água, conforme discutido por Bai et al., 2023) e a coloração. A qualidade da carne é influenciada por uma variedade de fatores, tanto antes como após o abate, sendo regulada por processos bioquímicos, metabólicos e fisiológicos que ocorrem após a transformação do músculo em carne, como mencionado por Huang et al. (2023). Além disso, fatores externos, como o sistema de produção (pasto ou confinamento), sexo e nível de estresse do animal (Zhang et al., 2023; Alvarez et al., 2022), desempenham um papel importante na qualidade da carne. Esses atributos são muitas vezes difíceis de medir diretamente.

Cordeiros não castrados e vasectomizados tendem a apresentar carne com maior dureza em comparação com cordeiros castrados cirurgicamente, além disso, as cordeiras geralmente exibem uma força de cisalhamento menor em comparação com os machos, conforme observado por Okeudo e Moss (2008). No mesmo estudo, não foram encontradas influências do sexo do animal no pH, mas as fêmeas demonstraram maior perda por cocção, carne mais avermelhada e concentrações mais elevadas de oximioglobina em comparação com os machos,

A idade dos animais também papel é um fator importante para a textura e qualidade da carne. A carne de animais mais jovens geralmente apresenta menor força de cisalhamento em comparação com animais mais velhos. Isso pode estar relacionado à diminuição da solubilidade do colágeno em animais mais velhos. No entanto, deve-se destacar que o abate de animais excessivamente jovens não é recomendado devido à falta de gordura subcutânea para proteger a carne contra o encurtamento das fibras musculares após o resfriamento. Além disso, a idade também pode afetar a coloração da carne, quanto mais velho o animal, mais escura tende ser, como relatado por Hopkins et al. (2007) e Pethick et al. (2005).

A dieta é importante para determinar a qualidade da carne. Aumentar a concentração de energia na dieta pode aumentar a gordura intramuscular e, conseqüentemente, a maciez da carne. No entanto, um estudo recente realizado por Rodrigues et al. (2022) avaliou a oferta de três dietas contendo: silagem de milho, milho moído, farinha de soja e minerais, sem adição de oleaginosas e outros dois os tratamentos dietéticos tiveram a mesma composição do tratamento controle, no entanto, incluindo caroço de algodão ou soja, os autores não encontraram diferenças na força de

cisalhamento, pH ou marmorização, mas a inclusão da semente de algodão reduziu a deposição de gordura na carcaça. Outro estudo avaliando a inclusão de ureia extrusada na dieta de cordeiros destinados à terminação, foi observado que não houve alteração na maciez, pH, perdas por cocção ou coloração da carne (Bonin et al. 2023). A incorporação de aditivos na suplementação pode exercer efeitos sobre as propriedades da carcaça (Oliveira et al., 2005). Em um estudo conduzido por Silva et al. (2019), a inclusão de própolis marrom na alimentação de cordeiros resultou em aumento significativo nos comprimentos da carcaça (interno e externo) e do tórax, contudo, observou-se uma diminuição no rendimento da carcaça quente e na espessura da gordura subcutânea.

Além das propriedades organolépticas da carne, o consumidor tem considerado a presença de parâmetros nutricionais desejáveis nos alimentos. Nesse contexto, a carne de cordeiro manifesta atributos nutricionais equiparáveis aos encontrados em animais pertencentes à subordem dos ruminantes, frequentemente consumidos no Brasil, tais como caprinos e bovinos (Tabela 1), além de possuir um sabor distintivo associado à sua própria espécie (Zhang et al., 2022; Huang et al., 2023).

Tabela 1 - Características nutricionais da carne ovina comparado a outras espécies animais em base de matéria natural

	Ovinos	Caprinos	Bovinos
Proteínas (%)	20 - 22	18,7 – 23,1	20,9 - 23,2
Umidade (%)	72,9 – 74	71,2 - 78	73,1
Lipídeos (%)	2,8 – 3,7	1,8 – 6,4	2,8 – 4,3
Cinzas (%)	1,1	0,88 – 1,1	1,1
Colesterol (mg/100 g ⁻¹)	66	45 - 75	50
Calorias (kcal/g)	121 - 153	91 - 150	122
Fósforo (mg/100 g ⁻¹)	194 - 215	212 - 275	169 - 215
Cálcio (mg/100 g ⁻¹)	5 - 7,2	3,0 – 3,7	4,5
Ferro (mg/100 g ⁻¹)	2,2	2,0	1,4 - 1,8
Magnésio	24,0	20,4 – 28,9	25
Zinco	3,83	2,0-3,59	4,6
Tiamina – B1 (mg)	0,12	0,11	0,04
Riboflavina – B2 (mg)	0,23	0,49	0,18
Cianocobalamina – B12 (µg)	1,7	1,13	1,35

Vitamina A (μg)	8,6	-	<5
Lisina	0.043	0.061	0,49
Treonina	0.267	0.046	0,30
Metionina	0.160	-	0,26
Fenilalanina	0.253	0.028	0,28
Triptofano	0.073	0.003	0,08
Leucina	0.487	0.061	0,34
Isoleucina	0.302	0.027	0,40
Valina	0.337	0.043	0,29

Fonte: Adaptado de Cordeiro et al., 2022; Corazzin et al., 2019; Junkuszew et al., 2020; Murariu et al., 2023; Pereira e Vicente, 2013; Rotta et al., 2009; Suliman et al., 2021; Williams, 2007; Williamson et al., 2005; Wu et al., 2016

A carne ovina é composta, em média, por 72% de água, 20% de proteínas e 3% de lipídeos (Tabela 1) e sua composição primária pode ser influenciada pela genética, pelo histórico alimentar e pela idade das ovelhas, e o teor de gordura na carne desempenha um papel significativo em diversos aspectos da qualidade da carne, tais como sabor, aroma, suculência e textura (Ponnampalam et al., 2016).

As proteínas advindas das carnes vermelhas são altamente digestíveis (94% de digestibilidade), quando comparadas a proteínas de origem vegetal, sendo seu consumo recomendável principalmente a pessoas com doenças como função muscular prejudicada, diminuição da massa óssea, disfunção imunológica, anemia, função cognitiva reduzida, má cicatrização de feridas e recuperação retardada de cirurgia, pois estas condições estão associadas ao baixo consumo de proteínas ou ao consumo de proteínas de baixa qualidade (Ponnampalam et al., 2016).

As vitaminas participam de várias atividades bioquímicas do organismo, a vitamina A, por exemplo, auxilia na regulação do crescimento diferenciação celular, já as vitaminas B agem como cofatores enzimáticos, como transporte de elétrons, interconversão energética e de carboidratos (Rubert et al., 2017). A carne de ovinos é uma fonte valiosa de várias vitaminas essenciais. Uma porção de 100 g pode fornecer toda vitamina B12 necessária ao organismo sendo necessária a suplementação a pessoas que seguem dietas veganas, um quarto da sua ingestão diária recomendada necessidades diárias de vitamina B2 (riboflavina), 50% das exigências diárias de ferro, 25% das

necessidades de magnésio e até 100% das exigências de zinco. A vitamina A apresenta-se em maior concentração em carne ovina do que bovina. E a carne ovina também oferece todos os aminoácidos essenciais (lisina, treonina, metionina, fenilalanina, triptofano, leucina, isoleucina e valina) (OMS, 2002; Williamson et al., 2005; Willians, 2007; Holman et al., 2020), enquanto as proteínas de origem vegetal têm níveis baixos de pelo menos um aminoácido essencial, a exemplo, o trigo, que tem como aminoácido limitante a lisina.

A carne ovina também é uma importante fonte de ferro, cálcio e fósforo. A deficiência de ferro é um problema mundial, mesmo nos países desenvolvidos e a carne ovina é uma excelente fonte de ferro na alimentação, sendo parte de um complexo heme (Fe), que é absorvido mais eficientemente em comparação com o ferro não-heme devido à abundância de glutatona presente nesta carne, o que facilita a absorção de ferro, e apresenta concentração mais altas deste mineral do que a carne bovina. Os seres humanos necessitam de ferro para prevenir a anemia e para a regulação de diversos processos celulares, incluindo o transporte de oxigênio pelo sistema cardiovascular (Ponnampalam et al., 2016; Williamson et al., 2005).

A carne vermelha é uma excelente fonte de zinco altamente biodisponível, fornecendo cerca de 41% da necessidade diária para humanos, e sua ação está lidada a atividade de várias enzimas (Williamson et al., 2005).

1.3. Melhamento genético e Biologia Molecular aplicados à qualidade de carne em ovinos

O melhoramento de ovinos de corte no Brasil se iniciou nos anos 90, quando criadores de ovinos da raça Corriedale, que era a principal raça produtora de lã no Brasil na época, começaram a importar reprodutores de raças especializadas em produção de carne, como Hampshire Down, Suffolk, Ile-de-France e Texel, esses reprodutores foram cruzados com ovelhas Corriedale para produzir cordeiros "meio sangue" para o abate (Lôbo et al., 2006).

Os ovinos Texel têm sua origem na Holanda e demonstram uma boa adaptação a regiões com climas mais quentes. Essa raça destaca-se pela alta produtividade de carne, caracterizada por uma significativa cobertura muscular, apesar de seu porte médio e a raça Texel destaca-se pelo seu potencial para gerar carne magra, sendo uma opção vantajosa como raça paterna em cruzamentos industriais (Pereira, 2008). Em países dedicados à produção de carne ovina, os cruzamentos tornaram-se um sistema

eficiente, pela busca de carcaças com melhor conformação e qualidade e no Brasil, há um interesse em estudar cruzamentos entre raças comuns em nossos rebanhos, como Bergamácia e Santa Inês (Garcia et al., 2000).

Atualmente, a carne é o produto de maior interesse da ovinocultura em todo o território nacional e apesar de enfrentar alguns problemas como a falta de padrão de qualidade nas carcaças, a carne ovina é um produto de alta apreciação, se os critérios técnicos para obtenção de carcaças com qualidade forem atendidos. A seleção genética de animais pode incentivar comercialização deste produto, fazendo com que seja fundamental a implantação de um programa de melhoramento genético de ovinos efetivo no Brasil (Quadros, 2018), principalmente quando se considera que pode ser uma alternativa promissora para a diversificação dos sistemas de produção, pelo ciclo anual da ovinocultura ser mais curto, que proporciona maior liquidez quando comparado aos demais sistemas de produção de carne a pasto (Debortoli et al., 2017).

Os programas de melhoramento animal atuam na melhoria genética dos rebanhos de animais, a fim de aumentar a produtividade e a sustentabilidade da atividade, de forma que os ganhos genéticos sejam cumulativos ao longo das gerações. No entanto, há uma escassez de estimativas específicas para características de abate em ovinos (McHugh et al., 2023). Para desenvolver programas de avaliação genética e melhoramento genético eficazes, é crucial possuir um entendimento dos parâmetros genéticos, que incluem especialmente, herdabilidade e correlações genéticas, para as características relacionadas às características de interesse econômico na ovinocultura, existem poucas estimativas de herdabilidade e correlações (Tabela 2) para características de qualidade da carne em ovinos (Hopkins et al., 2011).

Tabela 2 - Estimativas de herdabilidade (h^2) para características de qualidade de carne para ovinos.

Característica	Herdabilidade (h^2)
Força de cisalhamento	0,28
Suculência	0,21
Gordura intramuscular (mg/100)	0,32
pH mensurado 24h <i>post mortem</i>	0,27
Cor L*	0,18
Cor a*	0,08

Cor b*	0,10
Peso de carcaça	0,35
AOL (cm ²)	0,30
Gordura intramuscular	0,63
Peso ao desmame (GPT, kg)	0,14

Adaptado de Mortimer et al., 2010; Hopkins et al., 2011; Mortimer et al., 2014

Uma forma muito comum de estudar o controle genético é por meio da realização de estudos de associação genômica ampla (GWAS). Essa abordagem é altamente eficaz na identificação de genes que podem ser selecionados pelos criadores por conta de suas variantes alélicas desejáveis. Dessa forma, os marcadores identificados por meio do GWAS podem ser empregados para a seleção genômica assistida (MAS), podendo ser utilizada para identificar animais geneticamente superiores em idade precoce, aproveitando informações de polimorfismos. Essa abordagem acelera os processos de seleção, controle reprodutivo e estudos de melhoramento genético (Yakovlev et al., 2018). Além disso, o melhoramento genético na pecuária proporciona ganhos sustentáveis na produtividade dos animais, resultando em maior produção com uso mais eficiente dos recursos disponíveis (Galli et al., 2020; Van Der Werf, 2022).

Esta abordagem desempenha um papel fundamental na produção animal, sendo particularmente útil para a melhoria de características econômicas que são difíceis de serem mensuradas diretamente, resultando em aumento do ganho genético e redução dos custos associados aos testes de progênie (Wakchaure et al., 2015), pois representam qualquer característica, processo bioquímico ou segmento de DNA que diferencia indivíduos geneticamente semelhantes, ou seja, pode ser uma variação específica no DNA que faça com que haja uma alteração em uma característica de interesse (Toppa et al., 2013; Singh et al., 2014). As aplicações de marcadores moleculares são importantes na pecuária, sendo utilizadas tanto para fins de seleção genética quanto para investigações de associações genômicas (Mazzucco et al., 2010; Lemal et al., 2023; Papaiakovou et al., 2023; Tolee et al., 2021).

Consequentemente, a aprimorada seleção é uma alternativa para a obtenção de um rebanho ovino que atenda às necessidades e expectativas dos produtores, impulsionando assim o setor de ovinocultura no âmbito nacional. Os marcadores

moleculares viabilizam a avaliação de características associadas a todo o sistema produtivo, as quais podem afetar significativamente o desempenho final, abrangendo aspectos como características reprodutivas, prolificidade, sobrevivência de cordeiros, resistência parasitária, produção e caracterização de leite e doenças fisiológicas (Gootwine et al., 2008; Orford et al., 2010; Antonopoulos et al., 2022; Wang et al., 2022; Pei et al., 2023; Zhang et al., 2023). Isso resulta na redução do intervalo de gerações, além de diminuir os custos associados à manutenção dos animais e às avaliações da progênie (Barbosa et al., 2023).

1.4. Alguns genes que podem influenciar na qualidade de carne

O crescente interesse da população na qualidade da carne, especialmente em termos de maciez e composição nutricional, demonstra a necessidade de investir em técnicas aprimoradas para a produção de carne ovina (Greguła-Kania et al., 2019). Neste contexto, a avaliação de polimorfismos em marcadores moleculares de DNA surge como uma ferramenta eficaz para melhorar as características de carcaça e de qualidade da carne, resultando em avanços genéticos notáveis. Dada a influência de diversos genes sobre as características qualitativas e quantitativas da carne e da carcaça, a identificação de genes candidatos torna-se fundamental para uma compreensão mais complexa da interação entre a variação genética e esses atributos essenciais (Raza et al., 2019).

Apesar de diversos estudos avaliando as associações de polimorfismos com a expressão de características associadas ao melhor desempenho de ruminantes destinados a corte, principalmente em bovinos, ainda há poucos estudos que verifiquem possíveis interações de polimorfismos para ovinos, principalmente para os genes candidatos *CAST*, *DGAT-1* e *LepR*.

1.4.1. Calpastatina

A maciez final da carne é resultado das alterações estruturais que ocorrem no músculo durante o processo de conversão em carne. A atividade da calpaína é dependente da concentração de cálcio, e o complexo calpaína/calpastatina é composto por três componentes essenciais: a m-calpaína (*CAPN1*), a μ -calpaína (*CAPN2*) e a calpastatina (*CAST*), sendo a calpastatina um inibidor de protease específico para calpaína (Gomide et al., 2013; Nikolayevna et al., 2022; Raynaud et al., 2005).

O gene *CAST* desempenha um papel crucial na regulação da calpastatina, pois inibe a ação da calpaína através do complexo enzimático calpaína/calpastatina. São encontradas no cromossomo 5; consiste em 29 exons e seu tamanho apresenta de 89.553 pb (Gorlov et al., 2016).

A calpastatina e as calpaínas (μ e m) são encontradas apenas no interior das células musculares esqueléticas, as quais estão associadas principalmente às miofibrilas, mitocôndrias e núcleos. Em todas as células, elas podem estar predominantemente associadas às organelas subcelulares e à membrana plasmática. Em vertebrados existem pelo menos dois tipos de calpastatina: a calpastatina grande (Figura 1), que é encontrada em todos os tecidos, menos nos eritrócitos, possui uma sequência LN-terminal, chamada domínio L, de 120-140 aminoácidos, com quatro domínios e cada domínio tem atividade inibidora; e a calpastatina eritocitária que é encontrada nos eritrócitos, não possui domínio L, com 68 aminoácidos e pode inibir apenas três moléculas de calpaína por molécula de calpastatina (Goll et al., 1992; Bhat et al., 2018).

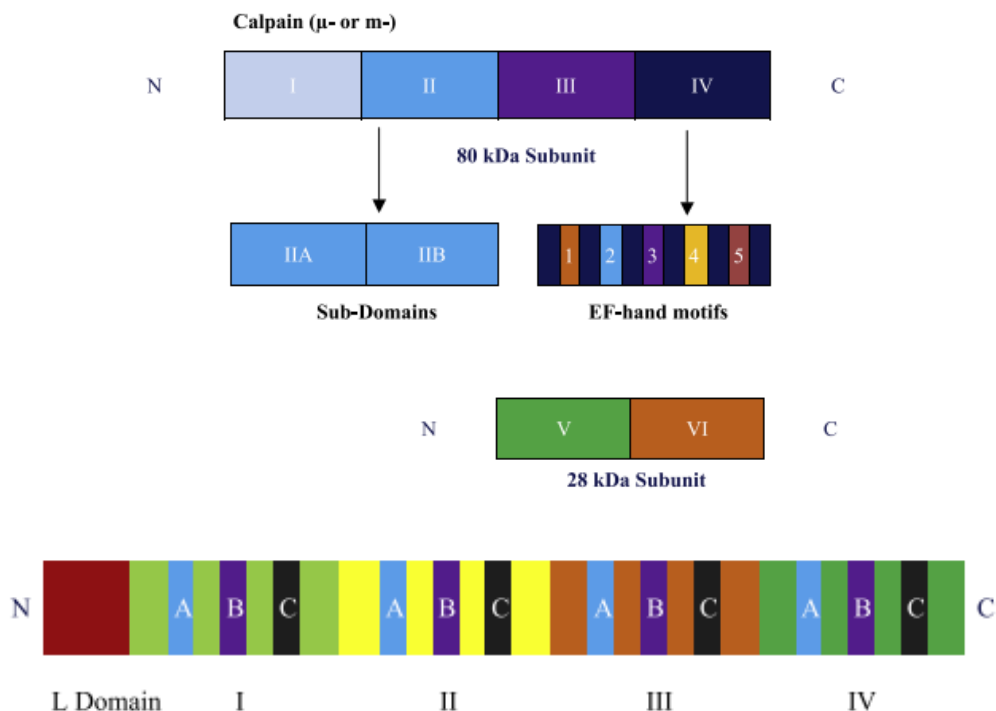


Figura 1 - Estruturas de domínio da calpastatina.

Fonte: Bhat et al., 2018.

O domínio I (N terminal) da calpaína não é semelhante a nenhuma outra proteína conhecida, sua função ainda não é clara, mas acredita-se que module sua atividade

proteolítica; o domínio II contém um resíduo de cisteína e um resíduo de histidina que formam um centro ativo que catalisa a clivagem de peptídeos. A ligação de Ca^{2+} ao domínio III induz mudanças conformacionais na estrutura da calpaína; O domínio IV (de calmodulina) também é conhecido como domínio penta-EF e possui cinco locais de ligação ao Ca^{2+} EF-hand, sendo essencial para a ativação das calpaínas. A calpastatina inibe a calpaína ligando-se aos seus domínios A, B e C. O domínio A e C ligam-se ao domínio IV da calpaína, o domínio B se liga aos domínios I a II da calpaína, causando alterações conformacionais que bloqueiam a ligação da calpaína aos ions de cálcio, e a calpastatina se liga ao sítio ativo da calpaína, impedindo sua ligação com suas proteínas alvo (Bhat et al., 2018).

Esse complexo exerce sua principal influência no músculo estriado, desempenhando um papel crucial na regulação do crescimento de mioblastos e na textura muscular. Também é responsável pelo processo de amaciamento pós-morte do animal, exercendo um impacto substancial no desenvolvimento e crescimento ovino, além de desempenhar um papel fundamental na qualidade da carcaça, assim o gene *CAST* é um potencial marcador para garantir a obtenção de um produto final de elevada qualidade. (Nikolayevna et al., 2022; Greguła-Kania et al., 2019; Raynaud et al., 2005).

No organismo vivo, a concentração de calpastatina é naturalmente mais elevada, uma vez que desempenha um papel crucial na conversão de proteínas, na diferenciação muscular e no crescimento dos animais vivos. Já em animais mortos, a calpastatina regula a taxa e o grau de amaciamento da carne, inibindo a ação da calpaína (Nikolayevna et al., 2022).

Quando a concentração de cálcio no citoplasma aumenta, a calpastatina se espalha pelo citoplasma para impedir que a calpaína se mova para as membranas plasmáticas (Tullio et al., 2014). No entanto, a calpaína que já está associada à membrana pode ser ativada. A μ -calpaína requer uma concentração menor de cálcio para ser ativada (entre 5 e 65 μM de Ca^{2+}), enquanto a m -calpaína necessita de uma concentração mais elevada (entre 300 e 1000 μM de Ca^{2+}). Essa diferença faz com que ambas apresentem uma atividade reduzida no músculo vivo. A acidificação e ionização *post mortem* alteram a conformação das proteínas, tornando-as mais susceptíveis à clivagem, especialmente as proteínas do citoesqueleto, como a tínia e a nebulina, e os filamentos intermediários, como a desmina (Lonergan et al., 2010). A calpaína é uma protease que pode clivar essas proteínas, levando à sua degradação. Sendo a calpastatina uma proteína que atua como um inibidor das calpaínas, uma família de proteases neutras ativadas por cálcio, é

desejável que haja baixa atividade de calpastatina após 24 horas do abate, para garantir a maciez da carne (Lage et al., 2009).

1.4.2. Diacylglycerol O-Acyltransferase 1

O gene *DGAT-1* ou Diacylglycerol O-Acyltransferase 1, é uma enzima fundamental na regulação da principal via de triacilgliceróis (TAG), armazenamento de ácidos graxos (AG), e está localizada principalmente no retículo endoplasmático (RE), para produção de energia ao corpo, mantendo a homeostase lipídica e energética nas células, preservando as células contra os efeitos nocivos dos lipídeos, e possui alta afinidade para ligação com o diacilglicerol (DAG), a partir da região C terminal (Figura 2) (Yu et al., 2015; Khan et al., 2021; Liu et al., 2012; Pathak et al., 2022).

O gene é expresso em praticamente todos os tecidos do corpo, mas é encontrado principalmente no fígado, intestino delgado, tecido muscular, tecido adiposo, e glândulas mamárias, é o principal componente da gordura intramuscular (FMI) e ao teor de gordura do leite, a superexpressão de *DGAT-1* está associada ao aumento da biossíntese de triglicerídeos (TG), podendo causar diversas patologias associadas ao seu acúmulo como obesidade, inflamações as células e aumento da resposta à insulina (Khan et al., 2021; Koliwad et al., 2010; Pathak et al., 2022; Tomka et al., 2016).

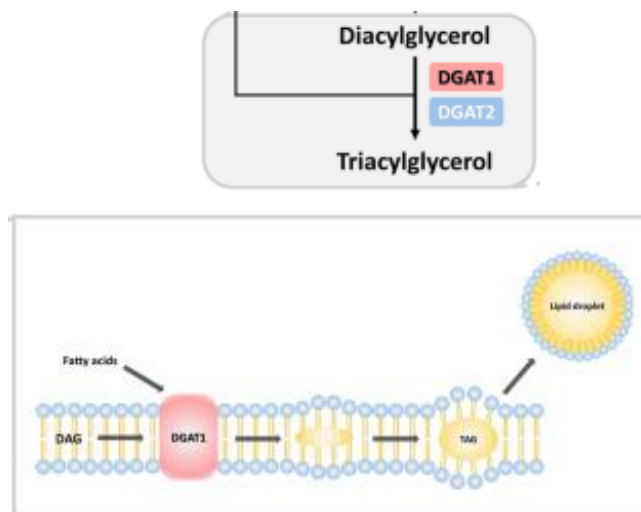


Figura 2 Formação de triacilglicerol (TAG) catalisada por diacilglicerol aciltransferase (DGAT)

Fonte: Pathak et al. (2022)

O gene *DGAT-1* geralmente possui entre 15 a 17 exons, sendo que uma mutação silenciosa foi encontrada no éxon 17, alterando de GCT (Ala487) para GCC (Ala487), conferindo o genótipo TT que foi associado a maior deposição de gordura intramuscular, menor força de cisalhamento e menor perda por gotejamento. As diferenças estruturais entre os DGAT-1s de diferentes espécies existem principalmente no terminal N, o que pode estar relacionado à seletividade de diferentes DGAT-1s de plantas para o substrato acil-CoA. Normalmente o gene codifica uma proteína com 489 aminoácidos com peso molar de 55kDa, e um tamanho total de 1470 pares de bases e contém de 8 a 10 domínios transmembrana e um terminal N hidrofílico (Noshahr & Rafat, 2014; Yu et al., 2015; Sun et al., 2018).

1.4.3. Leptina

O tecido adiposo desempenha um papel fundamental no organismo, sendo responsável pelo armazenamento de energia e diversas funções metabólicas, através do hormônio leptina, a leptina liga-se ao receptor de leptina (LepR), um receptor de citocina tipo I, expresso em vários tecidos, como glândulas mamárias, placenta, ovário, pâncreas, pele, estômago e gastroproteção e neurônios do hipotálamo, desempenhando ação fundamental na regulação da ingestão de alimentos, na reprodução, no desenvolvimento fetal e nas respostas imunes pró-inflamatórias, como angiogênese e lipólise (Bado et al., 1998; Chilliard et al., 2005; Ghadge & Khaire, 2019; Mercati et al., 2019; Berger et al., 2021; Obradovic et al., 2021; Cappai et al., 2022; Girmay et al., 2023; Palmioli et al., 2023).

A leptina junto ao receptor *ObRb*, ligam-se e comunicam ao cérebro a sensação de saciedade, o *ObRb* é uma isoforma longa do gene *LepR* e apresenta um domínio de 302 aminoácidos. Esse receptor ativa a via de sinalização JAK-STAT (Figura 3), induzindo a ativação de STAT3, que migra para o núcleo celular e modula a expressão gênica. Um dos genes regulados por essa via é o *SOCS3*, que desempenha o papel de regulador negativo na JAK-STAT. Dessa forma, a leptina atua na ativação da via JAK-STAT, induzindo a expressão de *SOCS3*, o qual, por sua vez, inibe a mesma via, estabelecendo um mecanismo de feedback negativo que contribui para a regulação da resposta da leptina (White et al., 2000; Ogasawara et al., 2008; Gorska et al., 2010; Casado et al., 2023).

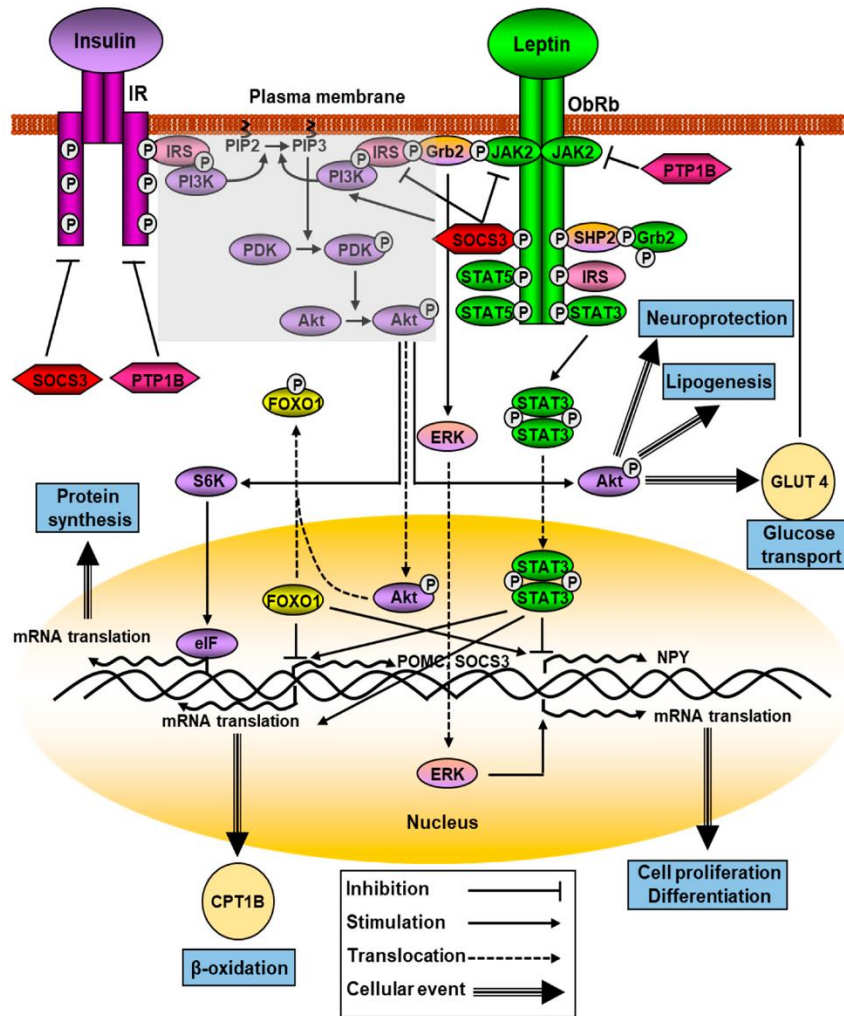


Figura 3 - Múltiplas vias de sinalização da leptina, ObRb, ativa as vias JAK2/STAT3, desencadeando a ativação de proteínas e juntamente com a insulina regulam o metabolismo energético do corpo, ligando-se a receptores diferentes na mesma célula, o que leva à ativação de vias de sinalização complementares.

Fonte: Casado et al. (2023)

Apesar das mutações nos genes que regulam os receptores de membrana (*LepR*) serem muito raras em animais, quando ocorrem, são encontradas no éxon 6, e ocorre a substituição da guanina por adenina, que faz com que seja expresso prolina em vez de glutamina, essa alteração interrompe a sequência do códon terminal 3', o que reduz a expressão do gene (Gorska et al., 2010; White et al., 2000).

Assim, uma vez que esses sistemas são expressados incorretamente, há um desequilíbrio no balanço energético, fazendo com que o animal apresente uma resistência à leptina, fazendo com que haja maiores quantidades de leptina circulantes, e apesar do

aumento das reservas corporais, as células adiposas brancas estimulam a síntese de LEP, mas não reduzem a ingestão de alimentos, e assim a via anorexígena não é ativada (Girmay et al., 2023; Palmioli et al., 2023).

1.5. Avaliação de polimorfismos de genes candidatos associados com a qualidade da carne

Polimorfismos genéticos referem-se a variações que podem ocorrer em regiões específicas do cromossomo, manifestando-se com frequência superior a 1% na população. Esses polimorfismos são utilizados como marcadores genéticos em estudos de associação com características desejáveis, existindo dois tipos principais de marcadores genéticos: os marcadores ligados, situados em proximidade ao gene candidato e frequentemente herdados juntos, embora não sejam preditivos do fenótipo, conhecidos como marcadores estruturais; e os marcadores diretos, que têm a capacidade de prever variações fenotípicas, pois a presença desses polimorfismos está associada a alterações na expressão gênica, sendo conhecidos como polimorfismo funcionais, sendo investigado a possibilidade de utiliza-los como genes candidatos para predição de variações fenotípicas (Rocha et al., 2007; Davis et al., 1998).

Essa abordagem tem a vantagem de não exigir a genotipagem de grande número de indivíduos de grandes famílias, pois o polimorfismo funcional é esperado que seja determinante direto da variação fenotípica (Pereira et al., 2015).

Nesse contexto, o polimorfismo nos genes *CAST*, *DGAT-1* e *LepR* são marcadores promissores para avaliação da qualidade da carne. As presenças de polimorfismos destes marcadores podem fornecer informações valiosas sobre características-chave, permitindo a seleção e o aprimoramento de linhagens de ovinos que resultem em produtos de carne de maior qualidade e aceitabilidade no mercado (Jawasreh et al., 2017; Xu et al., 2009; Jonas et al., 2016).

Em ovinos, quando avaliado o gene *CAST*, os genótipos MM e MN são frequentemente observados (Bozhilova-Sakova et al., 2020; Nikolayevna et al., 2022; Pogodaev et al., 2020;). Em estudo conduzido por Jawasreh et al. (2017) com ovinos da raça Awassi, foi observado que os animais com genótipos MM e MN apresentaram maior ganho médio diário (GMD) de 0,167 kg/d (em comparação com 0,128 kg/d dos animais com genótipo NN). Além disso, esses animais apresentaram desenvolvimento muscular mais pronunciado, menor teor ósseo e, na carne, observou-se menores perdas de água por

cocção. No entanto, a carne de animais com genótipo MM demonstraram menor resistência ao cisalhamento. Em outro estudo conduzido pelo mesmo autor em 2019, foi constatado que animais com genótipos MM e MN, quando comparados aos portadores do genótipo NN, apresentaram maior ganho de peso total (GPT) e maior largura do músculo longíssimos. O genótipo NN foi identificado de forma mais rara (Bozhilova-Sakova et al., 2020; Nikolayevna et al., 2022; Pogodaev et al., 2020), Bozhilova-Sakova & Dimitrova (2021) reportaram uma frequência alélica de apenas 0,03% em animais da raça Merino, enquanto que Kirikçi (2022) encontrou uma frequência de 0,02%. Santos et al. (2016) detectaram o genótipo NN em ovinos pantaneiros (0,19%), da raça Bergamácia Brasileira (0,38%), Suffolk (0,04%) e Ile de France (0,06%), e associaram a presença do alelo N a maior produção de carne com menor maciez, bem como a uma redução na produção de leite e prolificidade.

Para o gene *DGAT-1*, o genótipo CC é a ocorrência mais prevalente em ovinos, em comparação com suas variantes (CT e TT) (Xu et al., 2009; Dervishi et al., 2015; Altwaty et al., 2020; Amr et al., 2023). Em um estudo conduzido por Xu et al. (2009) e Nanekarani et al. (2016), observou-se que ovinos portadores do genótipo TT exibiram características desejáveis, como uma textura de carne mais tenra, menor perda de exsudato e maior escore de marmoreio. Em relação ao genótipo CT, observou-se que este foi associado a notas de aroma e sabor específicas na carne ovina, presumivelmente ligadas à presença do composto Ácido 4-etil octanóico (EOA) (Amri et al., 2023).

E para o gene *LepR*, que regula a ação da leptina, o alelo C foi correlacionado com aumento significativo no peso da porção traseira, na espessura da gordura subcutânea e no peso da carcaça no momento do abate, resultando em maior rendimento, a homozigose para esse alelo se mostrou associada ao melhor rendimento carcaça, visto que os animais produziram carne com maior teor de gordura na região caudal, o que consequentemente contribuiu para aumento na porcentagem de carne líquida avaliada (Mohammadi et al., 2013). No entanto, são escassos os estudos da associação da leptina com a qualidade da carne ovina (Shujiao et al., 2022; Jonas et al., 2016).

1.6 Considerações finais

A genotificação de indivíduos é uma ferramenta eficiente, como ponto de partida para se conhecer o modo como os genes se expressam, modo de interação dos polimorfismos, e neste contexto, se realizou o presente estudo com o objetivo de avaliar os polimorfismos encontrados nos genes calpastatina (*CAST*), Diacylglycerol O-

Acyltransferase 1 (*DGAT-1*), e Leptina (*LepR*), a partir da técnica de PCR-RFLP. Os resultados estão apresentados em forma de artigo científico, intitulado como “Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a qualidade da carne”.

2. Referências

- Alencar, M. M. Critérios de seleção em bovinos de corte. São Carlos: Embrapa. 12p. 2010.
- Alvarez, C.; Koolman, L.; Whelan, M.; Moloney, A. Effect of Pre-Slaughter Practises and Early Post-Mortem Interventions on Sheep Meat Tenderness and Its Impact on Microbial Status. *Foods*, v. 11, ed. 2, 2022. DOI: doi.org/10.3390/foods11020181
- Altwayt, N. H.; Salem, L. M.; Mahrous, K. F. Single nucleotide polymorphisms in the growth hormone receptor gene and Alu1 polymorphisms in the diacylglycerol acyltransferase 1 gene as related to meat production in sheep. *Veterinary World*, v.13, n.5, p. 884-889, 2020. DOI: 10.14202/vetworld.2020.884-889
- Amri, F.; Harahap, R. S.; Sumanti, C. Inounu, I.; Alwai, Y.; Gunawan, A. Association of DGAT1 Gene Related to Flavor, Odor, Cholesterol, and Mineral in Indonesian Sheep. *Indonesian Journal of Animal & Veterinary Sciences*, v. 28, n. 2, 2023. DOI: doi.org/10.14334/jitv.v28i2.3152
- Antonopoulos, A.; Doyle, S. R.; Bartley, D. J.; Morrison, A. A.; Kaplan, R.; Howell, S.; Neveu, C.; Busin, V.; Deveney, E.; Laing, R. Allele specific PCR for a major marker of levamisole resistance in *Haemonchus contortus*. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 20, p. 17-26, 2022. DOI: 10.1016/j.ijpddr.2022.08.001
- Bado, A.; Levasseur, S. Attoub, S.; Kermorgant, S.; Laigneau, J. P.; Bortoluzzi, M. N.; Moizo, L.; Lehy, T.; Guerre-Millo, M.; Le Marchand-Brustel, Y.; Lewin, M. J. The stomach is a source of leptin. *Nature*, C394, v. 6695, p.. 790-793, 1998. DOI: 10.1038/29547
- Barbosa, B. L.; Silva, A. P. S.; Castro, D. P.; Silva, T. S.; Vieira, R. B.; Sena, L. S.; Torres, T. S.; Pereira, E. H. U.; Silva, L. R. G.; Borges, L. S.; Oliveira, M. B.; Sarmiento, J. L. R. Overview of the use of genomic data in animal breeding. *Ciência Rural*, v. 53, p. e20220350, 2023.
- Berger, C.; Heyne, H. O.; Heiland, T.; Dommel, S.; Höfling, C.; Guiu-jurado, E.; Lorenz, J.; Robner, S.; Dannemann, M.; Kelso, J.; Kovacs, P.; Blüher, M.; Klötting, N. A novel compound heterozygous leptin receptor mutation causes more severe obesity than in *Leprdb/db* mice. *Journal of Lipid Research*, v. 62, 2021. DOI: 10.1016/j.jlr.2021.100105
- Bhat, Z. F.; Morton, J. D.; Mason, S. L.; Bekhit, A. E. A. Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness*, v. 7, p. 196-204, 2018. DOI: 10.1016/j.fshw.2018.08.002
- Bonin, M. N., Ítavo, C. C. B. F., Ítavo, L. C. V., Gomes, M. N. B., Souza, A. I., Difante, G. S.; Arco, T. F. F. S.; Ferelli, K. L. S. M.; Soares, É. S. M.; Gurgel, A. L. C.; Surita, L. M. A. Extruded urea could replace true protein source in supplements for lambs finished in tropical pastures. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 75, p. 89-97, 2023. DOI: doi.org/10.1590/1678-4162-12645
- Bozhilova-Sakova, M.; Dimitrova, I.; Tzonev, T. I.; Petrov, N. Genotype frequencies in calpastatin (CAST) and callipyge (CLPG) genes in Northeast Bulgarian Merino sheep breed using PCR-RFLP method. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 26, n. 2, p. 475-479, 2020. ISBN: 1310-0351

- Bozhilova-Sakova, M.; Dimitrova, I. Genetic diversity of calpastatin gene and its association with some biochemical parameters in sheep. *Journal Bioscience Biotechnology*, v. 10, n. 2, p. 99-102, 2021. ISSN 1314-6246
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Bases para o plano nacional de desenvolvimento da rota do cordeiro. 2017. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/caprinocultura/livros/ROTA%20DO%20CORDEIRO.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2023.
- Cappai, M. G.; Liesegang, A.; Dall'Aglio, C.; Coppa, G.; Pirino, C.; Mercati, F.; Pinna, W. Metabolic milieu and localization of ovarian leptin and receptor in queens under different reproduction phases. *Veterinary Research Communications*, v. 46, n. 2, p. 603–608, 2022. DOI: 10.1007/s11259-021-09864-6
- Casado, M. E.; Collado-Pérez, R.; Frago, L. M.; Barrios, V. Recent Advances in the Knowledge of the Mechanisms of Leptin Physiology and Actions in Neurological and Metabolic Pathologies. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 2, p. 1422, 2023.
- CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. CEPEA, 2022. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0547324001643913206.pdf#:~:text=De%20acordo%20com%20proje%C3%A7%C3%B5es%20da,de%200%2C5%25%2C%20com>. Acesso em: 02 de Junho de 2023.
- Chen, G.; Harwood, J. L.; Lemieux, M. J.; Stone, S. J.; Weselake, R. J. Acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase: Properties, physiological roles, metabolic engineering and intentional control. *Progress in Lipid Research*, v. 88, p. 101-181, 2022. DOI: 10.1016/j.plipres.2022.101181
- Chilliard, Y.; Delavaud, C.; Bonnet, M. Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 29, n. 1, p. 3-22, 2005. DOI: 10.1016/j.domaniend.2005.02.026
- Corazzin, M., Del Bianco, S., Bovolenta, S., Piasentier, E. Carcass Characteristics and Meat Quality of Sheep and Goat. In: Lorenzo, J., Muneke, P., Barba, F., Toldrá, F. Carcass Characteristics and Meat Quality of Sheep and Goat. Springer Nature Switzerland, v.1, p. 119-165, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-05484-7_6
- Cordeiro, A. R. R. A.; Bezerra, T. K. A.; Madruga, M. S. Valuation of Goat and Sheep By-Products: Challenges and Opportunities for Their Use. *Animals*, v. 12, p. 3277, 2022. DOI: doi.org/10.3390/ani12233277
- Davis, G. P.; DeNise, S. K. The Impact of Genetic Markers on Selection. *Journal of Animal Science*, v. 76, n. 9, p. 2331, 1998. DOI: 10.2527/1998.7692331x
- Debortoli, E. C.; Monteiro, A. L. G.; Gameiro, A. H. Cooperativism as a sheep industry organization strategy in Paraná state, Brazil. *Livestock Research for Rural Development*, v. 29, n. 8, 2017.
- Dervishi, E.; Serrano, M.; Joy, M.; Sarto, P.; Somera, A.; González-Calvo, L.; Berzal-Herranz, B.; Molino, F.; Martínez-Royo, A.; Calvo, J. H. Structural characterisation of the acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1) gene and association studies with milk traits in Assaf sheep breed. *Small Ruminant Research*, v. 131, p. 78-84, 2015. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2015.08.015
- FAO - Food and Agriculture organization of the united nations. FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en/>. Acesso em: 02 de Junho de 2023.
- Garcia, I. F. F.; Perez, J. R. O.; Oliveira, M. V. Carcass Characteristics of Texel x Bergamacia, Texel x Santa Inês and Pure Santa Inês Lambs, Finished in

- Confinement with Coffee Hull as a Part of the Diet. *Revista brasileira de zootecnia*, n. 29, ed. 1, p. 253-260, 2000. DOI: /10.1590/S1516-35982000000100033
- Ghadge, A. A.; Khaire, A. A. Leptin as a predictive marker for metabolic syndrome. *Cytokine*, v. 121, p. 154735, 2019. DOI: 10.1016/j.cyto.2019.154735
- Girmay, S.; Ijaz, N.; Ullah, M. I.; Afzal; Nasir, A.; Perween, S.; Sami, A.; Tara, N.; Ahmed, S.; Han, J.; Ali, H.; Alarifi, S.; Ahmad, H. I. Functional genomics analysis of Leptin-Melanocortin system genes reveals candidate genes associated rapid growth and high carcass yield in sheep. *Journal of King Saud University – Science*, v. 35, n. 8, p. 102853, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102853>
- Goll, D. E.; Thompson, V. F.; Taylor, R. G.; Zalewska, T. Is calpain activity and autolysis or by calciu and calpastatin?. *BioEssays*, v. 14, n. 8, p. 549-556, 1992. DOI: 10.1002/bies.950140810.
- Gomide, L. A. M.; Ramos, E. M.; Fontes, P. R. *Ciência e Qualidade de Carne Fundamentos*. 1º edição. Viçosa: Ed. UFV. 2013.
- Gootwine, E.; Reicher, S.; Rozov, A. Prolificacy and lamb survival at birth in Awassi and Assaf sheep carrying the FecB (Booroola) mutation. *Animal Reproduction Science*, v. 108, n. 3-4, p. 402-411, 2008. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2007.09.009
- Gorska, E.; Popko, K.; Stelmazczyk-Emmel, A.; Ciepiela, O.; Kucharska, A.; Wasik, M.; Leptin receptors. *European Journal of Medical Research*, v. 15, p. 1-5. 2010. DOI: 10.1186/2047-783X-15-S2-50
- Gregula-Kania, M.; Gruszecki, T. M.; Junkuszew, A.; Juszczuk-Kubiak, E. Association of CAST gene polymorphism with carcass value and meat quality in two synthetic lines of sheep. *Meat Science*, v. 154, p. 69-74, 2019. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.04.007
- Hermuche, P. M.; Maranhão, R. L. A.; Guimarães, R. F.; Carvalho Júnior, O. A.; Holman, B. W>B.; Fowler, S. M.; Hopkins, D. L. Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 55, p. 919 – 934, 2020. DOI: 10.1111/ijfs.14443
- Huang, Y.; Liu, L.; Zhao, M.; Zhang, M.; Zhang, Z.; Chen, J.; Zhang, Z.; Cheng, X.; Ren, C. Feeding regimens affecting carcass and quality attributes of sheep and goat meat — A comprehensive review. *Animal Bioscience*, v. 36, ed. 9, p. 1314-1326, 2023. DOI: 10.5713/ab.23.0051
- Hopkins, D. L., Stanley, D. F., Martin, L. C., Toohey, E. S., Gilmour, A. R. Genotype and age effects on sheep meat production. *Meat quality. Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 47, n. 10, p. 1155-1164, 2007. DOI: doi.org/10.1071/EA06299
- Hopkins, D. L.; Fogarty, N. M.; Mortimer, S. I. Genetic related effects on sheep meat quality. *Small Ruminant Research*, v. 101, p. 160–172, 2011. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2011.0
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 06 de Julho de 2023.
- Jawasreh, K. I.; Jadallah, R.; Al-Amareen, A. H.; Abdullah, A. Y.; Al-Qaisi, A.; Alrawashdeh, I. M.; Al-Zghoul, M.B. F.; Ahamed, M. K. A.; Obeidat, B. Association between MspI calpastatin gene polymorphisms, growth performance, and meat characteristics of Awassi sheep. *Indian Journal of Animal Sciences*. v. 87, n.5, p. 635-639. 2017. ISBN: 0367-8318

- Jonas, E.; Martin, G. B.; Celi, P.; Li, L.; Soattin, M.; Thomson, P. C.; Raadsma, H. W. Association of polymorphisms in leptin and leptin receptor genes with circulating leptin concentrations, production and efficiency traits in sheep, v. 136, p. 78-86, 2016. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2016.01.010
- Junkuszew, A.; Nazar, P.; Milerski, M.; Margetin, M.; Brodzki, P.; Bazewicz, K. Chemical composition and fatty acid content in lamb and adult sheep meat. *Archives Animal Breeding*, v. 63, n. 2, p. 261-268, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-63-261-2020>.
- Khan, M. Z.; Ma, Y.; Ma, J.; Xiao, J.; Liu, Y.; Liu, S.; Khan, I. M.; Cao, Z. Association of DGAT1 with cattle, buffalo, goat, and sheep milk and meat production traits. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 712470, 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.712470
- Kirikçi, K. Polymorphism of the calpastatin (CAST) and growth differentiation factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. *Hayvansal Üretim*, v. 63, n. 1, p. 21-26, 2022. DOI: 10.29185/hayuretim.1008768
- Koliwad, S. K.; Streeper, R. S.; Monetti, M.; Cornelissen, I.; Chan, L.; Terayama, K.; Naylor, S.; Rao, M.; Hubbard, B.; Farese Jr, R. V. DGAT1-dependent triacylglycerol storage by macrophages protects mice from diet-induced insulin resistance and inflammation. *The Journal of clinical investigation*, v. 120, n. 3, p. 756-767, 2010. DOI: 10.1172/JCI36066
- Lage, J. F.; Oliveira, I. M.; Paulino, P. V. R.; Ribeiro, F. Calpain-calpastatin role on muscle proteolysis and its relationship with beef tenderness. *Revista Electronica de Veterinaria*, v. 10, n. 12, p. 1-19, 2009. ISSN: 1695-7504
- Lemal, P.; May, K.; König, S.; Schroyen, M.; Gengler, N. Invited review: From heat stress to disease—Immune response and candidate genes involved in cattle thermotolerance. *Journal of Dairy Science*, 2023.
- Liu, Q.; Siloto, R. M. P.; Lehner, R.; Stone, S. J.; Weselake, R. J. Acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase: Molecular biology, biochemistry and biotechnology. *Progress in Lipid Research*, v. 51, n. 44, p. 350-377, 2012. DOI: 10.1016/j.plipres.2012.06.001
- Lôbo, R. N. B. Programa de Melhoramento de Pequenos Ruminantes no Brasil. Embrapa Caprinos e Ovinos, 2006
- Lonergan, E. H.; Zhang, W.; Lonergan, S. M. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, v. 86, p.184-195, 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.05.004
- Mazzucco, J. P.; Melucci, L. M.; Villarreal, E. L.; Mezzadra, C. A.; Sória, L.; Corva, P.; Motter, M. M.; Schor, A.; Miguel, M. C. Effect of ageing and μ -calpain markers on meat quality from Brangus steers finished on pasture. *Meat Science*, v. 86, n. 3, p. 878-882, 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.07.015
- McHugh, N.; Pabiou, T.; McDermott, K.; Berry, D. P. Genetic (co)variance components for slaughter traits in a multi-breed sheep population. *Animal*, v. 17, n. 8, p. 100883
- Mercati, F.; Scocco, P.; Maranesi, M.; Acuti, G.; Petrucci, L.; Cocci, P.; Renzi, A.; De Felice, E.; Dall'aglio, C. Apelin system detection in the reproductive apparatus of ewes grazing on semi-natural pasture. *Theriogenology*, v. 139, p. 156-166, 2019. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2019.08.01
- Murariu, O. C.; Murariu, F.; Frunză, G.; Ciobanu, M. M.; Boișteanu, P. C. Fatty Acid Indices and the Nutritional Properties of Karakul Sheep Meat. *Nutrients*, v. 15, n. 4, p. 1061, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15041061>

- Mohammadi, H.; Shahrehabak, M. M.; Sadeghi, M. Association Between Single Nucleotide Polymorphism in the Ovine DGAT1 Gene and Carcass Traits in Two Iranian Sheep Breeds. *Animal Biotechnology*, v. 24, n.3, p.159-167, 2013. DOI: 10.1080/10495398.2013.763816
- Montaldo, H. H.; Meza-Herrera, C. A. Use of molecular markers and major genes in the genetic improvement of livestock. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 1, n. 2, p. 15-16, 1998. DOI: 10.4067/S0717-34581998000200004
- Mortimer, S. I.; van der Werf, J. H. J.; Jacob, R. H.; Pethick, D. W.; L.; Pearce, K. L.; Warner, R. D.; Geesink, G. H.; Hocking Edwards, J. E.; Gardner, G. E.; Ponnampalam, E. N.; Kitessa, S. M.; Ball, A. J.; Hopkins, D. L. Preliminary estimates of genetic parameters for carcass and meat quality traits in Australian sheep. *Animal Production Science*, v. 50, ed. 12, p. 1135, 2010. DOI: 10.1071/an10126
- Mortimer, S. I.; van der Werf, J. H. J.; Jacob, R. H.; Hopkins, D. L.; Pannier, L.; Pearce, K. L.; Gardner, G. E.; Warner, R. D.; Geesink, G. H.; Hocking Edwards, J. E.; Ponnampalam, E. N.; Ball, A. J.; Gilmour, A. R.; Pethick, D. W. Genetic parameters for meat quality traits of Australian lamb meat. *Meat Science*, v. 96, p. 1016-1024, 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.007
- Nicholas, F. W. *Introdução à Genética Veterinária*. 3ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2011. 347p.
- Nikolayevna, S. L.; Olegovna, F. I.; Vadimovich, K. D.; Ivanovnam, D. I.; Igorevna, K. N.; Petrovic, V. C. Association of Growth Hormone Gene Polymorphisms and Calpastatin Gene with Quality of Sheep Meat. *Pakistan Journal Zoology*, v.1, p 1-8, 2022. DOI: 10.17582/jornal.pjz/20220109220137
- Noshahr, F. A.; Rafat, A. Polymorphism of DGAT1 Gene and Its Relationship with Carcass Weight and Dressing Percentage in Moghani Sheep Breed. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, v. 4, n. 2, p. 331-334, 2014.
- Obradovic, M.; Sudar-Milovanovic, E.; Soskic, S.; Essack, M.; Arya, S.; Stewart, A. J.; Gojobori, T.; Isenovic, E. R. Leptin and Obesity: Role and Clinical Implication. *Frontiers Endocrinology*, v. 12, p. 585887, 2021. DOI: 10.3389/fendo.2021.585887.
- Okeudo, N. J.; Moss, B. W. Production performance and meat quality characteristics of sheep comprising four sex-types over a range of slaughter weights produced following commercial practice. *Meat Science*, v. 80, p. 522-528, 2008. DOI: doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.003
- Ogasawara, H.; Ohwada, S.; Nagai, Y.; Taketa, Y.; Marsuzaki, M.; Tanaka, S.; Watanabe, K.; Aso, H.; Yamaguchi, T.; Localization of leptin and leptin receptor in the bovine adenohipophysis. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 35, n. 1, p. 8-15, 2008
- Oliveira, J. S.; Zanine, A. M.; Santos, E. M. Additive use in the nutrition of ruminants. *Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2005. ISSN: 1695-7504
- OMS. World Health Organization. *Integrated Care for Older People*. Switzerland: World Health Organization. 2002.
- Orford, M.; Tzamaloukas, O.; Papachristoforou, C.; Miltiadou, D. Technical note: A simplified PCR-based assay for the characterization of two prolactin variants that affect milk traits in sheep breeds. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 12, p. 5996-5999, 2010. DOI: 10.3168/jds.2010-3569
- Palmioli, E.; Dall'Aglio, C.; Fagotti, A.; Simoncelli, F.; Dobrzyn, K.; Di Rosa, I.; Maranesi, M.; Felice, E.; Scocco, P.; Mercati, F. Leptin system is not affected by different diets in the abomasum of the sheep reared in semi-natural pastures of

- the Central Apennines. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, v. 247, p. 152069, 2023. DOI: 10.1016/j.aanat.2023.152069.
- Papaiakovou, M.; Fraija-Fernández, N.; James, K.; Briscoe, A. G.; Hall, A.; Jenkins, T. P.; Dunn, J.; Levecke, B.; Mekonnen, Z.; Cools, P.; Doyle, S. R.; Cantacessi, C.; Littlewood, D. T. J. Evaluation of genome skimming to detect and characterise human and livestock helminths. *International Journal for Parasitology*, v. 53, n. 2, p. 69-79, 2023. DOI: 10.1016/j.ijpara.2022.12.002
- Pathak, R. K.; Lim, B.; Yejee, P.; Kim, J. M. Unraveling structural and conformational dynamics of DGAT1 missense nsSNPs in dairy cattle. *Scientific reports*, v. 12, n. 1, p. 4873, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-08833-6
- Paz, C. C. P.; Packer, I. U.; Freitas, A. R.; Tabasco-Talhari, D.; Regitano, L. C. A.; Alencar, M. M.; Rodrigues, A. A. Effect of Genetic Polymorphisms on the Growth Curve Parameters in Beef Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 4, p. 858-869, 2004. DOI: 10.1590/S1516-35982004000400006
- Pei, S.; Cao, X.; Wang, X.; Li, F.; Yue, X. Identification of Y-SNPs within ovine MSY region and their association with testicular size. *Theriogenology*, v. 197, p.295-300, 2023. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2022.12.010
- Pereira, J. C. C. *Melhoramento genético aplicado à produção animal*. 5 ed. Belo Horizonte : FEPMVZ Editora, 2008.
- Pereira, P. M. C. C.; Vicente, A. F. R. B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet, *Meat Science*, v. 93, n. 3, p. 586-592, 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018
- Pereira, G. L.; Regatieri, I. C.; Ferraz, G. C.; Neto, A. Q.; Curi, R. A. Prospects of the use of molecular markers in the genetic breeding of racing quarter horses. *Veterinária e Zootecnia*, v. 22, n. 3, p. 347-369, 2015. ISSN: 2178-3764.
- Pethick, D. W., Hopkins, D. L., D'Souza, D. N., Thompson, J. M., & Walker, P. J. Petrick, D. W. et al. Effects of animal age on the eating quality of sheep meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 45, n. 5, p. 491-498, 2005. DOI: doi.org/10.1071/EA03256
- Pogodaev, V.; Aduchiev, B.; Kononova, L.; Aslanukova, M.; Kardanova, I. Features of polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in young sheep, obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-rumped sheeps and dorper rams. *EDP Sciences*, v. 175, p. 3020, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202017503020
- Ponnampalam, E. N.; Holman, B. W. B.; Scollan, N. D. Sheep: Meat. *Encyclopedia of Food and Health*, p. 750-757, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00620-6
- Quadros, D. G. *Cadeia produtiva da ovinocultura e da caprinocultura*. Indaial: UNIASSELVI, p. 224, 2018.
- Safari, E.; Fogarty, N. M.; Gilmour, A. R. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, v. 92, n. 3, p. 271-289, 2005. DOI: 10.1016/j.livprodsci.2004.09.003
- Silva, J. A.; Ítavo, C. C. B. F.; Ítavo, L. C. V.; Moraes, M. G.; Silva, P. C. G.; Ferelli, K. L. S. M.; Arco, T. F. F. S. Dietary addition of crude form or ethanol extract of brown própolis as nutritional additive on behaviour, productive performance and carcass traits of lambs in feedlot. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v.28, p. 31-40, 2019. DOI: 10.22358/jafs/105442/2019
- Raynaud, P.; Gillard, M.; Parr, T.; Bardsley, R.; Arger, V.; Levéziel, H. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 440, n. 1, p. 46-53, 2005. DOI: 10.1016/j.abb.2005.05.028

- Raza, S. H.; Khan, R.; Abdelnour, S. A.; El-Hack, M. E. A.; Khafaga, A. F.; Taha, A.; Ohran, H.; Mei, N. M.; Zhan, L. *Advances of Molecular Markers and Their Application for Body Variables and Carcass Traits in Qinchuan Cattle*. *Genes*, v. 10, n. 9, p. 717, 2019. DOI: 10.3390/genes10090717
- Rocha, A. P.; Magalhães, P. K. R.; Maia, A. L. Macie, L. M. Z. Genetic polymorphisms: implications in the pathogenesis of medullary thyroid carcinoma. *Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo*, v. 51, n. 5, p. 723-730, 2007. DOI: 10.1590/S0004-27302007000500009
- Rodrigues, B. J., Ítavo, C. C. B. F., Ítavo, L. C. V., Gomes, M. D. N. B., Difante, G. D. S., Arco, T. F. F. D. S., Gurgel, A. L. C.; Higano, L. M.; Godoy, C.; Miguel, A. A. S.; Souza, G. V.; Luz, R. C. S.; Brixner, B. M. The lipid source can modify saturated and unsaturated fatty acids profile of meat of lambs. *Food Science and Technology*, v. 42, p. e91721, 2022. DOI: doi.org/10.1590/fst.91721
- Rotta, P. P.; Prado, R. M.; Prado, I. N.; Valero, M. V.; Visentainer, J. V.; Silva, R. R. The Effects of Genetic Groups, Nutrition, Finishing Systems and Gender of Brazilian Cattle on Carcass Characteristics and Beef Composition and Appearance: A Review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, v. 22, n. 12, p. 1718 – 1734, 2009. DOI: 10.5713/ajas.2009.90071
- Rubert, A.; Engel, B.; Rohlfes, A. L. B.; Marquardt, L.; Baccar, N. M. Vitaminas do complexo B: uma breve revisão. *Revista Jovens Pesquisadores*, v.7, n. 1, p. 30-45, 2017. DOI: 10.17058/rjp.v7i1.9332
- Santos, J. C. G.; Crispim, B. A.; Seno, L. O.; Vargas, J.; Grisolia, A. B. Polymorphisms in the cast gene of sheep from Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, v. 8, n. 1, p. 51-55, 2016. ISSN: 2027-4297.
- Singh, U.; Deb, R.; Alyethodi, R. R.; Alex, R.; Kumar, S.; Chakraborty, S.; Dhama, K.; Sharma, A. Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*, v. 6, n. 2, p. 49-58, 2014. DOI: 10.1016/j.bgm.2014.03.001
- Shujiao, M.; Xuewen, J.; Ming, C.; Jianguo, W.; Haiquan, Y.; Yongbin.; Wenguan.; Yiran, W.; Suwen, Z.; Guifang, C.; Bin T. Association analysis between novel variants in LEPR gene and litter size in Mongolia and ujimqin sheep breeds. *Theriogenology*, v. 183, p. 79-89. 2022. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2022.02.014
- Suliman, G. M.; Al-Owaimer, A. N.; El-Waziry, A. M.; Hussein, E. O. S.; Abuelfatah, K.; Swelum, A. A. comparative study of sheep breeds: fattening performance, carcass characteristics, meat chemical composition and quality attributes. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 647192, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fvets.2021.647192.
- Sun, B.; Guo, X.; Fan, C.; Chen, Y.; Wang, J.; Hu, Z. Newly Identified Essential Amino Acids Affecting *Chlorella ellipsoidea* DGAT1 Function Revealed by Site-Directed Mutagenesis. *International Journal Molecular Science*, v. 19, ed. 11, p. 3462, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms19113462
- Tolee, A. R.R.; Olga, E.; Ekaterina, C. Identification of CLPG gene polymorphism using PCR-RFLP of Iraq and Belarus population sheep breeds. *Gene Reports*, v. 22, p. 100974, 2021. DOI: 10.1016/j.genrep.2020.100974
- Tomka, J.; Vašičková, K.; Oravcová, M.; Bauer, M.; Huba, J.; Vašiček, D.; Peškovičová, D. Effects of polymorphisms in DGAT1 and LEP genes on milk traits in Holstein primiparous cows. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, v. 66, n. 2, p. 122-128, 2016. DOI: 10.15567/mljekarstvo.2016.0204

- Toppa, E. V. B.; Jadoski, C. J. O uso de marcadores moleculares no melhoramento genético de plantas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2013. DOI: 10.18188/sap.v12i1.4552
- Tosh, J. J.; Kemp, R. A. Estimation of Variance Components for Lamb Weights in Three Sheep Populations. *Journal of Animal Science*, v. 72, n. 5, p. 1184-1199, 1994. DOI: 10.2527/1994.7251184x
- Tullio, R.; Aversa, M.; Pedrazzi, M.; Sparatore, B.; Salamino, F.; Pontremoli, S.; & Melloni, E. Differential regulation of the calpain–calpastatin complex by the L-domain of calpastatin. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, v. 1843, n. 11, p. 2583-2591, 2014. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2014.07.002
- Van der Werf, J. H. J. Sustainable animal genetic improvement. *E3S Web of Conferences*, v. 335, p. 00001, 2022. DOI: 10.1051/e3sconf/202233500001
- Wakchaure, R.; Ganguly, S.; Praveen, P. K.; Kumar, A.; Sharma, S.; Mahajan, T. Marker Assisted Selection (MAS) in Animal Breeding: A Review. *Journal of Drug Metabolism and Toxicology*, v. 6, n. 5, p. 127, 2015. DOI: 10.4172/2157-7609.1000e127
- Wang, J.; Wang, Z.; Wang, W.; Zhang, F. L. D.; Li, X.; Zhang, Y.; Zhao, Y.; Zhao, L.; Xu, D.; Cheng, J.; Li, W.; Zhou, B.; Lin, C.; Yang, X.; Zhai, R.; Zhen, X.; Zhang, X. Molecular characterization and expression of RPS23 and HPSE and their association with hematologic parameters in sheep, *Gene*, v. 837, p. 146654, 2022. DOI: 10.1016/j.gene.2022.146654
- Williams, P. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, v. 64, n. 4, p. s113-s119, 2007. DOI: 10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x
- Williamson, C. S.; Foster, R. K.; Stanner, S. A.; Buttriss, J. L. Red meat in the diet. *Nutrition Bulletin*, v. 30, n. 4, p. 323-355, 2005. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2005.00525.x
- White, D. W.; Zhou, J.; Stricker-Krongrad, A.; Ge, P.; Morgenstern, J. P.; Dembski, M.; Tartaglia, L. A. Identification of leptin-induced transcripts in the mouse hypothalamus. *Diabetes*, v. 49, n. 9, p. 1443-1450, 2000. DOI: 10.2337/diabetes.49.9.1443
- Wu, G.; Cross, H. R.; Gehring, K. B.; Savell, J. W.; Arnold, A. N.; McNeill, S. H. Composition of free and peptide-bound amino acids in beef chuck, loin, and round cuts. *Journal of Animal Science*, v. 94, ed. 6, p. 2603-2613, 2016. Doi: 10.2527/jas.2016-0478
- Xu, Q. L.; Chen, Y. L.; Ma, R. X.; Xue, P. Polymorphism of DGAT1 associated with intramuscular fat-mediated tenderness in sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 89, n. 2, p. 232-237, 2009. DOI: doi.org/10.1002/jsfa.3431.
- Yakovlev, A. F. Genomic Selection and Prediction of Offspring Quality in Animals. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, v. 88, p. 401-404, 2018. DOI: 10.1134/S1019331618050064
- Yu, J.; Li, Y.; Zou, F.; Xu, S.; Liu, P. Phosphorylation and function of DGAT1 in skeletal muscle cells. *Biophysics Reports*, v. 1, n. 1, p.41-50, 2015. DOI: 10.1007/s41048-015-0004-1
- Zhang, R.; Pavan, E.; Ross, A. B.; Deb-choudhury, S.; Dixit, Y.; Mungure, T. E.; Realini, C. E.; Cao, M.; Farouk, M. M. Moleculares insights into quality and authentication of sheep meat from proteomics and metabolomics. *Journal of Proteomics*, v. 276, p. 104836, 2023. DOI: 10.1016/j.jprot.2023.104836

CAPÍTULO 1

Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a qualidade da carne

Caracterização genotípica de cordeiros mestiços Texel para genes associados com a qualidade da carne

Aline Aparecida da Silva Miguel¹ Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Filinto Müller 2443, Cidade Universitária 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil

Resumo: Objetivou-se realizar a caracterização genotípica de cordeiros mestiços texel (filhos de reprodutores Texel com fêmeas SRD), e avaliar se existem diferenças entre os genótipos paracaracterísticas de carcaça e de qualidade da carne. Os cordeiros (n=51) foram desmamados aos 90 dias e receberam suplementação proteico-energética formulada para atingir média diária de ganho de peso de 300 g. Aos 120 dias, os cordeiros foram abatidos e amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram coletadas para análises de qualidade da carne e caracterização genotípica. Foram observados polimorfismos para o gene *CAST*, com três genótipos (MM, MN e NN) identificados na população estudada. Os animais do genótipo MN demonstraram um maior ganho de peso do nascimento ao desmame, quando comparado aos animais com genótipo MM. No gene *DGAT-1*, foram encontrados dois genótipos (CC e CT), e se observou que o genótipo CT estava associado ao maior peso ao nascimento, com aumento médio de 0,89 kg em comparação com o genótipo CC. Além disso, os animais CC apresentaram uma espessura de gordura subcutânea superior, com um acréscimo de 0,41 mm. Por fim, no gene *LepR*, não foram identificados polimorfismos, com todos os animais apresentando o genótipo CC.

Palavras chave: ovinocultura de corte, polimorfismo, marcadores moleculares, *CAST*, *DGAT-1*, *LepR*

INTRODUÇÃO

O mercado consumidor de carnes é muito competitivo, já que a população tem se tornado cada vez mais exigente, principalmente em relação a qualidade nutricional e as características organolépticas que o alimento deve apresentar, sendo necessário traçar um planejamento desde a produção destes animais (Oliveira et al., 2021). Como características físicas como marmoreio (Ryu e Lee, 2016), cor (Pegolo et al., 2020), capacidade de retenção de água (Pegolo et al., 2020) e maciez (Saccà et al., 2019), e estes são determinados por genes que controlam a expressão de tais características, portando, animais que não apresentam esta pré-disposição genética, mesmo recebendo o mesmo nível de suplementação, não irão apresentar a mesma eficiência produtiva (Coelho et al., 2016; Raza et al., 2020; Rodrigues et al., 2008).

Uma ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar na seleção de animais é a Seleção Assistida por Marcadores (SAM), pois permite a caracterização de diversos polimorfismos ao longo do genoma, trazendo benefícios econômicos e produtivos, pois influenciam em efeitos fisiológicos (Shumbusho et al., 2016), e com a avaliação do modo como os polimorfismos se expressam, é possível identificar variações resultantes da expressão de diferentes alelos em um grupo de indivíduos (Tolee et al., 2021), tornando a seleção mais acurada.

A calpastatina é responsável pela diferenciação muscular, regulando o crescimento, e é um inibidor endógeno da calpaína (degradador de proteína miofibrilar), e conseqüentemente, influenciando no grau de amaciamento da carne post mortem, então presume-se que o polimorfismo do gene *CAST*, pode reduzir a atividade da calpaína, reduzindo o crescimento do músculo esquelético e menor proteólise pós-morte das proteínas miofibrilares (Bai et al., 2023; Pomitun et al., 2019).

O receptor celular da leptina é uma proteína que pode ser encontrada em vários órgãos dos mamíferos, como cérebro, fígado, musculatura esquelética e tecido adiposo e gene receptor da leptina (*LepR*) está associado a deposição de gordura, sabor da carne, características reprodutivas, controle do balanço energético influenciando a ingestão alimentar, que por sua vez afetam o peso vivo e a composição corporal (Gunawan et al.; 2019; Lakhssassi, et al., 2020; Meira et al., 2018; Salman et al., 2007).

O diacilglicerol O-aciltransferase 1 (*DGAT-1*) é responsável por regular a síntese de triacilgliceróis (TG), sendo encontrado no fígado, intestino delgado, músculo esquelético e tecido adiposo, é o principal componente da gordura intramuscular, estando

associado ao marmoreio, perdas por gotejamento e maciez (Khan et al., 2021; Xu et al., 2009).

Neste sentido, objetivou-se identificar o genótipo cordeiros mestiços para os genes *CAST*, *DGAT-1* e *LepR* e avaliar se existe diferenças entre os genótipos para características de desempenho zootécnico, de carcaça e de qualidade da carne.

METODOLOGIA

Local e animais

Todos os procedimentos adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS - aprovação nº 654/2015).

O presente estudo foi desenvolvido com cordeiros que compõem o rebanho da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) na Fazenda Escola, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ), da cidade de Terenos, MS, Brasil. Foram utilizados 51 cordeiros mestiços Texel (filhos de reprodutores Texel com fêmeas SRD), inteiros, nascidos entre 2020 e 2021.

Análise de desempenho zootécnico

Durante a fase de cria (90 dias), os cordeiros foram mantidos com suas mães em piquetes formados por pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, e tinham acesso *ad libitum* à água, em piquetes providos de comedouros, bebedouros e cochos privativos para os cordeiros (*creep-feeding*) e receberam suplementação proteico-energética dos cordeiros na fase de cria e terminação, foi composta por fubá de milho, farelo de soja e sal mineral. O desmame dos cordeiros foi realizado aos 90 dias de idade, e posteriormente foram encaminhados para a fase de terminação com duração de 60 dias.

Os cordeiros foram pesados ao nascimento (PN), aos 30, 60, 90 (desmame) dias e 150 (terminação) dias de idade, para cálculo do ganho médio diário (GMD) e ganho de peso total (GPT).

Carcaça

O abate dos animais foi realizado com jejum alimentar prévio de 16 horas, sendo encaminhados para o frigorífico com descanso regulamentar de 12 horas. Foi realizado insensibilização e posterior sangria por secção das artérias carótidas e veias jugulares. As

carcaças foram seccionadas com serra fita ao longo da linha média e em seguida foram pesadas para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ) e transferidas para câmara frigorífica a 2°C, onde permaneceram por 24 horas, suspensas pelos tendões de Aquiles em ganchos. Após resfriamento as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). Com estes dados foram calculados os rendimentos de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) e a perda no resfriamento (PR) sendo RCQ e RCF calculados pela razão entre estes e o peso vivo final dos animais. Após o abate, as carcaças foram identificadas, classificadas para acabamento, conformação.

A EGS foi medida utilizando-se paquímetro digital (Modelo SH90201-M), em milímetros, medida a 2/3 do bordo medial do músculo *Longissimus dorsi*. Para as avaliações de gordura intramuscular (marmoreio), utilizou-se os escores visuais e escala fotográfica padrão do United States Departamento of Agriculture-USDA Quality Grade, adaptada por Muller (1987), com escala de 1 a 18 pontos, sendo subdividida em três classes: menos, média e mais. Sendo classificada em traços (1 a 3), leve (4 a 6), pequeno (7 a 9), modesto (10 a 12), moderado (13 a 15), e moderadamente abundante (16 a 18).

O pH foi medido no músculo *Longissimus* após o abate e depois de um período de 24 horas de resfriamento das carcaças, mensurando valores de pH inicial e pH final. A avaliação objetiva da cor da carne foi realizada em amostras colocadas em bandejas de plástico e expostas ao ambiente (18°C) para oxigenação durante 20 minutos. Após este período a cor foi determinada pela média de três mensurações tomadas em três pontos distintos de cada amostra com o auxílio de um espectrofotômetro portátil, modelo CM2500d (Konica Minuta Sensing Inc.), com fonte de luz D65, ângulo de observação de 10° e abertura da célula de medida de 30 mm. Foi adotada a escala L*, a*, b* do sistema CIELab, onde o L* é o croma associado à luminosidade (L*= 0 - preto, 100 - branco), a* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+); e b*, que varia do azul (-) ao amarelo (+) (AMSA, 1995).

Análise Molecular

Foram coletadas amostras de carne do músculo *Longissimos dorsi*, posteriormente foram refrigeradas a -20°C até o momento de extração do DNA. Para a extração de DNA, adicionou-se em um tubo de polipropileno de 2 ml, 35 µl de carne, 10 µl de proteinase K e 500 µl de SDS, sendo incubado ao final a 56°C overnight (aproximadamente 18 horas). Ao final do período foi adicionado 400 µl de clorofórmio ao tubo e agitado vigorosamente em vórtex até completa homogeneização. Após,

adicionou-se 300 µl de solução de precipitação e centrifugou-se em 10.000 RPM por 10 minutos. Pipetou-se a fase aquosa e transferiu-se para um novo tubo e adicionou-se 1 ml de etanol 100% refrigerado centrifugando-o por 10.000 RPM por 5 minutos e desprezando-se a porção líquida sobrenadante, adicionou-se 1 ml de etanol 70%, centrifugando-o posteriormente em 10.000 RPM por 2 minutos desprezando-se a porção líquida sobrenadante ao final e adiciona-se 50 µl de tampão TE incubando a 65°C por 5 minutos. Após a extração do DNA, as amostras serão submetidas à espectrofotometria (Nanophometer Implen 300) para a quantificação da concentração e pureza dos ácidos nucleicos. Sendo que o padrão utilizado para determinar a aplicabilidade das amostras para a amplificação será a concentração de 50ng/µL e razão de variando de 1,6 a 1,8.

Todas as amostras passaram pelo processo amplificação por meio da PCR (Polimerase Chain Reaction), as amostras foram visualizadas através da eletroforese em gel de agarose e digeridas por suas respectivas enzimas de restrição, conforme o descrito na tabela 1.

Carne

Para análise da força de cisalhamento foram extraídas amostras de 2,5 cm de espessura do músculo Longísimus e armazenadas a -20°C. Para o descongelamento das amostras foram acondicionadas em geladeira por 24 horas a 4°C. Em seguida, foi efetuado a pesagem de todo exsudato presente na embalagem, e a mostra cortada em fatias em torno de 3 cm de espessura, o cozimento até atingir temperatura interna de 36°C, as amostras foram viradas e cozidas até que atingissem 72°C. Depois que a amostra se esfriar e atingir a temperatura de 28°C, foram seccionadas no sentido das fibras musculares, com 1,23 cm de diâmetro, para determinação da força de cisalhamento, e colocadas em texturômetro, analisadas pelo procedimento “Warner-Bratzler Shear” (AMSA, 1995).

Análises Estatísticas

Realizou-se o teste de Shapiro wilk para verificação da normalidade e homogeneidade Levene. Todas as variáveis de desempenho em crescimento, de carcaça e de qualidade da carne atenderam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade e, portanto, foram avaliadas segundo análise de variância com um fator (ANOVA one-way). As médias entre genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey. Todos os testes estatísticos foram conduzidos no nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os polimorfismos apresentados para os genes *CAST*, *DGAT-1* e *LepR* estão apresentados na tabela 2. Para o gene *CAST*, maior parte dos cordeiros apresentou o genótipo MM (75,76%). A frequência do genótipo MN foi de 21,21% e do genótipo NN foi 3,03%. Para o gene *DGAT-1*, observou-se que a maioria dos cordeiros apresentou o genótipo CC (79,49%) e 20,51% dos cordeiros apresentaram o genótipo CT, não foram encontrados animais com o genótipo TT. Quanto ao gene *LepR*, todos os cordeiros apresentaram o alelo CC (100%). Esse resultado indica uma alta homogeneidade genética nesse locus (Gómez & Hasson, 2003).

Em relação ao gene *CAST* (Figura 1A), a análise de polimorfismos após a digestão com a enzima *MspI* revelou a presença dos três genótipos distintos: MM (caracterizado por dois fragmentos de 336 e 286 pb), MN (com três fragmentos de 622, 336 e 286 pb) e NN (exibindo um fragmento de 622 pb). O genótipo MM foi o mais prevalente, encontrado em 75,76% dos animais, enquanto o genótipo NN apresentou a frequência mais baixa, registrando 3,03%. Essas frequências genotípicas são consistentes com descobertas reportadas em estudos anteriores (Bozhilova-Sakova et al., 2021; Kirikçi et al., 2021; Ardicli et al., 2022; Dimitrova et al., 2022; Nikolayevna et al., 2022).

Para o gene *DGAT-1* (Figura 1B), a digestão com a enzima *AluI* permitiu a observação de dois polimorfismos distintos: CC (identificado por um fragmento de 309 pb) e CT (caracterizado por três fragmentos de 309, 272 e 37 pb). É importante destacar que, devido ao pequeno tamanho da banda de 37 pb, esta não foi visível na eletroforese em gel de agarose 3%. Portanto, a detecção de duas bandas (309 e 272 pb) foi considerada suficiente para a genotipagem dos indivíduos. A frequência do genótipo CC foi a mais elevada, encontrada em 79,49% dos animais, enquanto o genótipo TT (272 e 37 pb) não foi detectado.

Quanto ao gene *LepR* (Figura 1C), após a digestão com a enzima *HinfI*, não foram identificados polimorfismos no genótipo do rebanho analisado, sendo encontrado exclusivamente o genótipo CC, caracterizado por um fragmento de 103 pb.

Os resultados demonstraram diferença significativa entre os genótipos MM e MN em relação ao ganho de peso do desmame ao abate (GPDA) (Tabela 3), com valores de 5,21 kg para o genótipo MM e 8,63 kg para o genótipo MN. Esta observação indica influência direta do genótipo da calpastatina sobre o ganho de peso na fase de terminação

dos cordeiros. Bayram et al. (2019) observaram a ausência de associações entre esse gene e o peso em diferentes estágios do desenvolvimento dos ovinos. Essa descoberta sublinha a presença de variabilidade genética para o gene *CAST* e sua influência sobre as características de desempenho, reforçando a necessidade de abordagens específicas para cada gene em análise.

Ao comparar os genótipos MM e MN (Tabela 4), observou-se que não houve diferenças em relação às características de carcaça avaliadas, sugerindo que o genótipo da calpastatina não exerceu influência sobre as características de carcaça dos cordeiros avaliados. Os resultados de peso de carcaça quente, peso de carcaça fria e rendimento de carcaça quente obtidos para ambos os genótipos foram superiores aos relatados por Nikolayevna et al. (2022), avaliando várias raças de ovinos, assim como no presente, também não observou influências do genótipo nessas características, reforçando a importância de considerar a variabilidade entre raças de ovinos ao avaliar a influência de marcadores genéticos sobre as características de carcaça.

Ao analisar a raça Awassi Bayraktar & Shoshin (2022) identificaram diferenças no peso corporal e nas medidas morfométricas entre os genótipos MM e MN. Animais com genótipo MM apresentaram maior peso ao abate, enquanto os com genótipo MN exibiram maior comprimento corporal e profundidade de peito. Estes resultados, embora não se alinhem completamente com os deste estudo, ressaltam a complexidade das interações genéticas e as variações que podem ocorrer entre raças. Jawasreh et al. (2017, 2019) observaram maior peso ao abate em animais com o genótipo MN e encontraram valores menores para o peso de carcaça quente e peso de carcaça fria. Isso destaca a necessidade de considerar uma variedade de fatores e contextos ao interpretar os resultados de estudos genéticos em ovinos. Os resultados encontrados por Kolosov et al. (2021) corroboram com os achados do presente estudo, ao identificar maiores valores de peso ao abate, PCQ e PCF nos animais com genótipo MN, reforçando a influência do genótipo da calpastatina sobre as características de carcaça em ovinos. Sumantri et al. (2014) encontram que carneiros com o genótipo MN apresentaram maior ganho de peso quando comparado aos que apresentaram o genótipo NN.

Em relação ao pH (Tabela 5), foi observado que cordeiros com genótipo MM apresentaram valor médio de 5,68, dentro do intervalo considerado adequado para a carne ovina, indicando um processo de abate e manipulação adequados, que preservaram a estabilidade ácido-base da carne (Martínez-Cerezo et al., 2005) para ambos os genótipos. Para as demais características não foram observadas diferenças estatísticas entre os

genótipos. No que se refere à força de cisalhamento (FC) o valor médio foi de 5,21 kgF. Embora não tenha sido observada uma diferença estatisticamente significativa, é importante notar que esses valores são relativamente altos, indicando uma textura menos macia na carne.

Comparando os resultados com o estudo de Jawasreh et al. (2017), observam-se algumas divergências. Enquanto o estudo atual não encontrou diferenças significativas nas perdas por cocção e na FC entre os genótipos MM e MN, o estudo anterior observou diferenças estatisticamente significativas nessas características. Essas discrepâncias podem ser atribuídas a diferentes fatores, incluindo variações nas condições de criação dos animais e nas técnicas de avaliação. Martínez-Cerezo et al. (2005) observaram que fatores como raça, peso de abate e tempo de envelhecimento exercem influência significativa nas características físico-químicas da carne de cordeiro. As perdas por cozimento de amostras de carne são afetadas por fatores como temperatura de cozimento, pH, estado de contração miofibrilar e comprimento da fibra muscular cortada (Bouton et al., 1976). Em relação à Força de Cisalhamento (FC) os resultados demonstram uma média de 5163,7 kg/g para a carne dos cordeiros avaliados, o que aponta para uma textura satisfatória e aceitabilidade dos consumidores (Aalhus et al., 2004), estando na média encontrada em ovinos do mesmo grupo genético avaliados anteriormente (Rodrigues et al., 2022; Baerley et al, 2023; Bonin et al., 2023).

Observou-se presença de suave grau de marmorização em ambos os genótipos avaliados (Figura 2). A avaliação do acabamento demonstrou que tanto os cordeiros com genótipo MM quanto MN apresentaram alta incidência de indivíduos classificados com níveis de acabamento 1 (36% vs. 43%) e 2 (52% vs. 57,14%). Apenas 12% dos animais com genótipo MM foram classificados com nível de acabamento 3. Em ambos os genótipos foi observado maior número de cordeiros com conformação retilínea, sendo considerada uma carcaça com desenvolvimento muscular intermediário (Gois et al., 2019).

A análise do polimorfismo do gene *DGAT-1* demonstrou diferença significativa entre os diferentes genótipos observados, totalizando 890 gramas, nos cordeiros que apresentavam a heterozigose desse gene. No entanto, é importante destacar que não foram identificadas diferenças significativas com as demais características de desempenho avaliadas, conforme observado na tabela 6.

Este resultado está de acordo com Bayram et al. (2019), que também identificaram que cordeiros com o genótipo CT apresentaram maior peso ao nascimento, quando

comparados com aqueles que possuíam o genótipo CC. Martin e MacLarnon (1985) avaliaram as correlações entre o tamanho neonatal, o período de gestação e o tamanho materno em mamíferos. Os resultados demonstraram associação positiva entre o peso ao nascer e os parâmetros placentários, o que sugere uma possível conexão entre o peso ao nascer e o desenvolvimento fetal. Este achado é significativo, pois demonstra o gene *DGAT-1* como candidato na determinação do desenvolvimento fetal e do peso ao nascer em cordeiros. No entanto, é importante observar que não foram encontradas diferenças com outras características de desempenho, destacando assim a complexidade da herança genética desses traços. Isso enfatiza a necessidade de estudos adicionais para uma compreensão abrangente dos efeitos desse gene sobre o desempenho dos cordeiros.

Observou-se diferença na espessura da gordura subcutânea (EGS) entre os genótipos CC e CT, com valores de 1,14mm vs 0,73mm, respectivamente (Tabela 7). Os cordeiros com genótipo CC apresentaram EGS significativamente maior em comparação com aqueles com genótipo CT, com diferença de 0,41 milímetros. Estes resultados corroboram com os achados obtidos por Mohammadi et al. (2013), que avaliaram diversas raças de ovelhas e também identificaram diferenças entre os genótipos CC e CT do gene *DGAT-1* e um aumento na espessura da gordura subcutânea. Isso sugere que o gene *DGAT-1* é importante na regulação da deposição de gordura subcutânea em ovinos.

Embora neste estudo não tenha sido observada diferenças significativas para os genótipos do gene *DGAT-1* para o peso de carcaça quente (PCQ), é importante observar que pesquisas anteriores, como as realizadas por Mohammadi et al. (2013) e Noshahr & Rafat (2013), foram observadas diferenças. Esses estudos anteriores relataram que a presença do alelo C deste gene estava relacionada ao aumento no PCQ dos animais. Essa aparente contradição entre os resultados destaca a complexidade das interações genéticas que afetam as características de carcaça e a qualidade da carne em ovinos. É possível que outros fatores genéticos, ambientais ou de manejo também estejam influenciando essas características, e mais pesquisas são necessárias para compreender completamente o papel do gene *DGAT-1* na determinação desses traços.

Não foram observadas diferenças entre os genótipos CC e CT para as características de qualidade de carne associadas ao gene *DGAT-1* (Tabela 8). Aspectos físicos como cor, capacidade de retenção de água e perdas no cozimento dependem diretamente do pH final da carne, como o pH no presente estudo estava conforme o esperado para espécie, não foram observadas maiores alterações em tais características da carne, e os valores encontrados com o presente estudo indicam carne com tonalidade mais

clara (L^*), coloração entre o vermelho e o amarelo (a^*) e leve presença de pigmentos amarelos (b^*), características típicas de carnes frescas e bem preservadas. Já para a gordura, os resultados demonstram valores médios de L^* , a^* e b^* de 69,8, 3,9 e 8,4, respectivamente. Estes valores indicam que a gordura apresenta tonalidade mais clara (L^*), coloração entre o amarelo e o verde (a^*) e presença de pigmentos amarelos (b^*), características que estão de acordo com a composição lipídica esperada para a carne ovina (Lima Junior et al., 2016).

Xu et al. (2009) observaram uma correlação notável entre o genótipo TT do gene *DGAT-1* e a maciez da carne, demonstrando que animais com esse genótipo tendem a apresentar carnes mais macias em comparação com outros genótipos. Essa constatação destaca a influência potencial desse gene na qualidade da carne, o que pode ter implicações significativas para a indústria. Além disso, Muhammadi et al. (2013) reforçaram a importância do gene *DGAT-1* na qualidade da carne. A associação identificada entre o gene e a capacidade de retenção de água da carne sugere que variações no genótipo podem afetar a capacidade da carne de manter a umidade. Isso, por sua vez, pode influenciar a suculência e a textura da carne, características cruciais para a satisfação do consumidor. Portanto, embora os resultados do presente estudo não tenham demonstrado diferenças estatísticas, é essencial considerar as conclusões de estudos anteriores. O gene *DGAT-1* demonstra ter um impacto substancial na qualidade da carne de ovinos, e seu entendimento pode levar a avanços significativos na produção e seleção de animais para a indústria de carne.

Observou-se a presença de grau suave de marmorização em ambos os genótipos avaliados (Figura 3). Tanto os cordeiros com genótipo CC, quanto CT apresentaram diferenças no grau acabamento, para o grau de acabamento 1 observou-se (32,26% vs. 25%, respectivamente) e 2 (58,06% vs. 75%, respectivamente). Apenas 9,68% dos animais com genótipo CC foram classificados com nível de acabamento 3. O acabamento, que se relaciona com a deposição de gordura subcutânea, é um indicador fundamental da qualidade da carne e valor econômico do animal (Gomes et al., 2021). Em ovinos, é comum encontrar um acabamento mediano (pontuação 3) (Costa et al., 2010). No entanto, neste estudo, apenas 10% dos animais se enquadraram nessa categoria, o que pode ser atribuído à menor deposição de gordura intramuscular observada nos animais portadores do genótipo CT, associado a menor deposição de gordura subcutânea.

CONCLUSÃO

Foram encontradas diferenças entre os genótipos MM e MN do gene *CAST*, os cordeiros mestiços Texel que apresentaram o genótipo MN apresentaram maior ganho de peso do desmame ao abate. Em relação ao gene *DGAT-1*, os cordeiros com genótipo CC apresentaram maior peso ao nascimento, enquanto os que apresentaram o genótipo CT, maior espessura de gordura subcutânea. Por outro lado, o gene *LepR* não apresentou polimorfismos, sugerindo uma homogeneidade genética na população estudada e podendo haver maiores investigações com o intuito de encontrar tal variedade genética.

REFERÊNCIAS

- Aalhus, J. L.; Jeremiah, L. E.; Dugan, M. E. R.; Larsen, I. L.; Gibson, L. L. Establishment of consumer thresholds for beef quality attributes. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 84, n. 4, p. 631-638, 2004. DOI: 10.4141/A03-106.
- Ardicli, S.; Üstüner, H.; Arslan, Ö. Assessment of calpastatin and insulin-like growth factor 1 genotypes in Tsigai sheep. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, v. 7, n. 1, p. 29-36, 2022. DOI: 10.31797/vetbio.952531
- AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, Illinois: American Meat Science Association in cooperation with National Live Stock and Meat Board. 1995
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists - Official methods of analysis. 13.ed. Washington: AOAC, 2000
- Baerley, V. R.; Ítavo, C. C. B. F.; Ítavo, L. C. V.; Nazário, C. E. D.; Bonin, M. N.; Difante, G. S.; Santos, T. S.; Melo, G. K. A.; Gurgel, A. L. C.; Soares, É. S. M.; Arco, T. F. F. S.; Godoy, C.; Miguel, A. A. S.; Andrade, P.B. Antioxidant action of yerba mate on carcass and meat characteristics and fatty acid profile in meat and fat of lambs finished in tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, v. 55, p. 199, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03521-7
- Bai, Y.; Hou, C.; Huang, C.; Fang, F.; Dong, F.; Li, X.; Zhang, D. Phosphorylation of Calpastatin Negatively Regulates the Activity of Calpain. *Life*, v. 13, n. 3, p. 854, 2023. DOI: 10.3390/life13030854
- Bayraktar, M.; Shoshin, O. Association between CAST and MSTN gene polymorphisms with growth traits in Awassi sheep. *Kuwait Journal of Science*, v. 49, n. 2, 2022. DOI: 10.48129/kjs.10955
- Bayram, D.; Akyüz, B.; Arslan, K.; Özdemir, F.; Aksel, E. G.; Çınar, M. U. DGAT1, CAST and IGF-I Gene Polymorphisms in Akkaraman Lambs and Their Effects on Live Weights up to Weaning Age. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, v. 25, n. 1, p. 9-15, 2019. DOI: 10.9775/kvfd.2018.20055
- Bonin, M. N. G. Manual de avaliação de carcaças bovinas (recurso eletrônico). Campo Grande, MS: Ed.UFMS, 2021

- Bonin, M. N., Ítavo, C. C. B. F., Ítavo, L. C. V., Gomes, M. N. B., Souza, A. I., Difante, G. S.; Arco, T. F. F. S.; Ferelli, K. L. S. M.; Soares, É. S. M.; Gurgel, A. L. C.; Surita, L. M. A. Extruded urea could replace true protein source in supplements for lambs finished in tropical pastures. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 75, p. 89-97, 2023. DOI: doi.org/10.1590/1678-4162-12645
- Bouton, P. E.; Harris, P. V.; Shorthose, W. R. Factors influencing cooking losses from meat. *Journal of Food Science*, v. 441, ed. 5, p. 1092-1095, 1976. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1976.tb14394.x
- Bozhilova-Sakova, M.; Dimitrova, I.; Stancheva, N.; Teneva, A. Molecular analysis of ovine calpastatin (cast) and myostatin (mstn) genes in lambs from three bulgarian sheep breeds. *Tradition And Modernity In Veterinary Medicine*, v. 7, n.1, p.31, 2022. DOI: 10.5281/zenodo.6374392
- Coelho, E. R.; Nunes, O. L. S. B.; Souza, E. J. O. Factors influencing the quality of the meat of small ruminant. *Ciência Animal*, v. 26, n.3, p.85-94. 2016.
- Dimitrova, I.; Bozhilova-Sakova, M.; Iliev, M.; Teneva, A. Genetic variation of CAST gene in Local Karnobat and Karnobat merino sheep breeds. *EDP Sciences*, p. 01029, 2022. DOI: 10.1051/bioconf/20224201029
- Gois, G. C.; Pessoa, R. M. S.; Santos, R. N.; Cunha, D. S.; Araújo, C. A.; Macedo, A. Características de carcaça e componentes não-carcaça de ovinos: uma revisão. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 22, n. 4, 2019. DOI: 10.25110/arqvet.v22i4.7101
- Gomes, M. B.; Neves, M. L. M. W.; Barreto, L. M. G.; Ferreira, M. A.; Monnerat, J. P. S.; Carone, G. M.; Morais, J. S.; Vêras, S. C. Prediction of carcass composition through measurements in vivo and measurements of the carcass of growing Santa Inês sheep. *Plos One*, v. 16, ed. 3, p. e0247950, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0247950
- Gómez, G. A.; Hasson, E. Transpecific Polymorphisms in an Inversion Linked Esterase Locus in *Drosophila buzzatii*. *Molecular Biology and Evolution*, v. 20, ed. 3, p. 410-423, 2023. DOI: 10.1093/molbev/msg051
- Gunawan, A.; Pramukti, F. W.; Listyarini, K.; Abuzahra, M. A.; Jakaria, J.; Sumantri, C.; Inounu, I.; Uddin, M. J. Novel variant in the leptin receptor (LEPR) gene and its association with fat quality, odour and flavour in sheep. *Journal of the*

- Indonesian Tropical Animal Agriculture, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: 10.14710/jitaa.44.1.1-9
- Huang, C.; Hou, C.; Ijaz, M.; Yan, T.; Li, X.; Li, Y.; Zhang, D. Proteomics discovery of protein biomarkers linked to meat quality traits in post-mortem muscles: Current trends and future prospects: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 105, p. 416-432, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.09.030
- Kirikçi, K. Polymorphism of the calpastatin (CAST) and growth differentiation factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. *Hayvansal Üretim*, v. 63, n. 1, p. 21-26, 2022. DOI: 10.29185/hayuretim.1008768
- Khan, S. H.; Riaz, M. N.; Ghaffar, A.; Khan, M. F. U. Calpastatin (CAST) Gene Polymorphism and its Association with Average Daily Weight Gain in Balkhi and Kajli Sheep and Beetal Goat Breeds. *Pakistan Journal Zoology*, v. 44, n. 2, p. 377-382, 2012.
- Khan, M. Z.; Ma, Y.; Ma, J.; Xiao, J.; Liu, Y.; Liu, S.; Khan, A.; Khan, I. M.; Cao, Z. Association of DGAT1 with cattle, buffalo, goat, and sheep milk and meat production traits. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 712470, 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.712470
- Jawasreh, K. I.; Jadallah, R.; Al-Amareen, A. H.; Abdullah, A. Y.; Al-Qaisi, A.; Alrawashdeh, I. M.; Al-Zghoul, M.B. F.; Ahamed, M. K. A.; Obeidat, B. Association between MspI calpastatin gene polymorphisms, growth performance, and meat characteristics of Awassi sheep. *Indian Journal of Animal Sciences*. v. 87, n.5, p. 635-639. 2017. ISBN: 0367-8318
- Jawasreh, K. I.; Al-Amareen, A. H.; Aad, P. Y. Relationships between HhaI Calpastatin Gene Polymorphism, Growth Performance, and Meat Characteristics of Awassi Sheep. *Animals*, v. 9, ed. 9, p. 667, 2019. DOI: 10.3390/ani9090667
- Lima Junior, D. M.; Carvalho, F. F. R.; Silva, F. J. S.; Rangel, A. H. N.; Novaes, L. P.; Difante, G. G. Intrinsic factors affecting sheep meat quality: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 29, p. 3-15, 2016. DOI: 10.17533/udea.rccp.v29n1a01
- Kirikçi, K. Polymorphism of the calpastatin (CAST) and growth differentiation factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. *Hayvansal Üretim*, v. 63, n. 1, p. 21-26, 2022. DOI: 10.29185/hayuretim.1008768
- Kolosov, Y. A.; Gorlov, I. F.; Kolosov, A. Y.; Shirokova, N. V.; Kulikova, A. Y.; Kolosova, M. A.; Slozhenkina, M. I.; Vorontsona, E. S.; Kolosova, N. N.

- Determination of CAST gene polymorphism in sheep of the Volgograd breed. IOP Conference Series, v. 677, ed. 5, p. 052112, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052112
- Lakhssassi, K.; Serrano, M.; Lahoz, B.; Sarto, M. P.; Iguácel, L. P.; Folch, J.; Alabart, J. L.; Calvo, J. H. The LEPR Gene Is Associated with Reproductive Seasonality Traits in Rasa Aragonesa Sheep. *Animals*. v. 10, n. 12, p. 2448. 2020. DOI: 10.3390/ani10122448
- Martin, R. D.; MacLarnon, A. M. Gestation period, neonatal size and maternal investment in placental mammals. *Nature*, v. 313, p. 220–223, 1985. DOI: 10.1038/313220a0
- Martínez-Cerezo, S.; Sañudo, C.; Panea, B.; Medel, I.; Delfa, R.; Sierra, I.; Beltrán, J. A.; Cepero, R.; Olleta, J. L. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science*, v. 69, p 325-333, 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.08.002
- Meira, A. N.; Moreira, G. C. M.; Coutinho, L. L.; Mourão, G. B.; Azevedo, H. C.; Muniz, E. N.; Machado, A. L.; Souza Junior, L. P.; Pedrosa, V. B.; Pinto, L. F. B. Carcass and commercial cut yield of Santa Ines sheep affected by polymorphisms of the LEP gene. *Small Ruminant Research*, v. 166, p. 121-128, 2018. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.06.012
- Müller, L. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de 1110 novilhos. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM. p.31.,1980.
- Nikolayevna, S. L.; Olegovna, F. I.; Vadimovich, K. D.; Ivanovnam, D. I.; Igovna, K. N.; Petrovic, V. C. Association of Growth Hormone Gene Polymorphisms and Calpastatin Gene with Quality of Sheep Meat. *Pakistan Journal Zoology*, v.1, p 1-8, 2022. DOI: 10.17582/journal.pjz/20220109220137.
- Oliveira, D. S.; Rogério, M. C. P.; Alvez, A. A.; Batista, A. S. M.; Albuquerque, F. H. M. A. R.; Pompeu, R. C. F. F.; Guimarães, V. P. Genetic effects on meat quality of crossbred lambs finished in confinement. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 93, ed. 1, p. 9. 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120181091
- Pegolo, S.; Cecchinato, A.; Savoia, S.; Di Stasio, L.; Paucillo, A.; Brugiapaglia, A.; Bittante, G.; Albera, A. Genome-wide association and pathway analysis of carcass and meat quality traits in Piemontese young bulls. *Animal*, v. 14, n. 2, p. 243-252, 2020. DOI: 10.1017/S1751731119001812

- Pomitun, I. A.; Rossokha, V. I.; Boyko, Ye. A.; Guzevatyi, O. E.; Shpilka, M. V.; Kulibaba, R. O. Analysis of calpastatin and callipyge genes polymorphism in prydniprovska meat sheep. *Agricultural Science and Practice*, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2019. DOI: 10.1017/s1751731119001812
- Raza, S. H. A.; Khan, S.; Amjadi, M.; Abdelnour, S. A.; Ohran, H.; Alanazi, K. M.; El-Hack, M. E. A.; Taha, A. E.; Khan, R.; Gong, C.; Schreurs, N. M.; Zhao, C.; Wei, D.; Zan, L. Genome-wide association studies reveal novel loci associated with carcass and body measures in beef cattle. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 694, p. 108543. 2020. DOI: 10.1016/j.abb.2020.108543
- Rodrigues, B. J., Ítavo, C. C. B. F., Ítavo, L. C. V., Gomes, M. D. N. B., Difante, G. D. S., Arco, T. F. F. D. S., Gurgel, A. L. C.; Higano, L. M.; Godoy, C.; Miguel, A. A. S.; Souza, G. V.; Luz, R. C. S.; Brixner, B. M. The lipid source can modify saturated and unsaturated fatty acids profile of meat of lambs. *Food Science and Technology*, v. 42, p. e91721, 2022. DOI: doi.org/10.1590/fst.91721
- Rodrigues, E.; Arrigoni, M. B.; Jorge, A. M.; Bianchini, W.; Hadlich, J. C.; Moreira, P. S. A.; Martins, C. L. Physical and chemical characteristics of heifers beef from different genetic groups. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, v.9, n.3, p. 594-604, 2008. ISSN: 1519-9940
- Ryu, J.; Lee, C. Genetic association of marbling score with intragenic nucleotide variants at selection signals of the bovine genome. *Animal*, v. 10, n. 4, p. 566-570, 2016.
- Saccà, E.; Corazzin, M.; Bovolenta, S.; Piasentier, E. Meat quality traits and the expression of tenderness-related genes in the loins of young goats at different ages. *Animal*, v. 13, n. 10, p. 2419-2428, 2019. DOI: 10.1017/S1751731119000405
- Salman, A. K.; Cost, R. B.; Poliana, F. G. Gene da leptina em ruminantes. *Revista eletrônica de Veterinária*, v. 8, n. 12, p. 0, 2007. ISSN: 1695-7504
- Shumbusho, F.; Raoul, J.; Astruc, J. M.; Palhiere, I.; Lemarié, S.; Fugerey-Scarbel, A.; Elsen, J. M. Economic evaluation of genomic selection in small ruminants: a sheep meat breeding program. *Animal*, v. 10, n. 6, p. 1033-1041, 2016. DOI: 10.1017/S1751731115002049
- Sumantri, C.; Diyono, R.; Farajallah, A.; Inounu, I. Polimorfisme Gen Calpastatin (CAST-Msp1) dan Pengaruhnya terhadap Bobot Hidup Domba Lokal.

Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences, v. 13, n. 2, p. 117–26, 2014.

Tolee, A. R. R.; Olga, E.; Ekaterina, C. Identification of CLPG gene polymorphism using PCR-RFLP of Iraq and Belarus population sheep breeds, v. 22, p. 100974, 2021. DOI: [10.1016/j.genrep.2020.100974](https://doi.org/10.1016/j.genrep.2020.100974)

Tabela 1 – Metodologia para amplificação por meio da PCR (Polimerase Chain Reaction) e digestão de amostras obtidas a partir do tecido muscular de ovinos mestiços Texel

Gene	Primer	Pré Desnatuação	Desnatuação (35 ciclos)	Anelamento	Extensão	Extensão Final	pb	Enzima	Digestão
<i>CAST</i>	5'-TGG GGC CCA ATG ACG CCA TCG ATG-3'	95°C	95°C	59°C	72°	72° C	622	MspI	36° C
	5'-GGT GGA GCA GCA CTT CTG ATC ACC -3'	3 min	1 min	1 min	2 min	7 Min	pb		24 h
<i>DGAT-1</i>	5'- GCA TGT TCC GCC CTC TGG - 3'	95° C	58°C	58 °C	72 °C	72 °C	309	AluI	36° C
	5'- GGA GTC CAA CAC CCC TGA G -3'	4 min	30 s	30s	30s	10 min	pb		24 h
<i>LepR</i>	5'- ACC ACA CCT TCC GTT CTCA G - 3'	95°C	95 °C	95 °C	72 °C 1	72 °C	164	HinfI	36° C
	5'- GGG ACA ACA CTC TTG ACT C -3'	3 min	1 min	1 min	min	7 min	pb		24 h

Tabela 2 - Frequência alélica de cordeiros mestiços Texel associados ao gene da Calpastatina (*CAST*), Diacilglicerol O-aciltransferase 1 (*DGAT-1*) e Receptor da leptina (*LepR*)

Gene	Genótipo	Frequência (%)
<i>CAST</i>	MM	75,76
	MN	21,21
	NN	3,03
<i>DGAT-1</i>	CC	79,49
	CT	20,51
	TT	-
<i>LepR</i>	CC	100

Tabela 3 - Desempenho em crescimento de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene *CAST*

	MM (n = 25)	MN (n= 7)	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
PN (kg)	4,31	4,44	2,64	7,08	0,9735	24,39
P30 dias (kg)	14,29	14,70	9,33	19,84	0,8731	19,77
P60 dias (kg)	23,58	23,57	15,06	29,82	0,7858	17,37
P90 dias (kg)	30,95	30,43	19,18	40,30	0,8341	16,01
GPND (kg)	22,26	26,18	15,20	34,09	0,8160	17,22
GPDA (kg)	5,21b	8,63a	-0,220	16,82	0,0444	67,79
GPT (kg)	31,85	34,58	24,39	41,13	0,1469	14,65
GMD (kg)	0,362	0,370	0,262	0,461	0,9626	14,89

PN = peso ao nascimento; P30 dias = peso aos 30 dias; P60 dias = Peso aos 60 dias; P90 dias = peso aos 90 dias; GPND = ganho de peso do nascimento ao desmame; GPDA = ganho de peso do desmame ao abate; GPT = ganho de peso total; GMD = ganho médio diário; Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 4 - Características da carcaça de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene da *CAST*

	MM (n = 25)	MN (n= 7)	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
Peso ao abate	36,18	39,07	27,30	46,30	0,1760	13,83
EGS (mm)	1,09	1,13	0,42	2,14	0,9521	43,66
PCQ (kg)	16,81	17,91	11,20	22,20	0,1716	17,61
RCQ (%)	46,40	45,22	38,30	68,15	0,7571	11,49
PCF (kg)	16,50	17,27	11,20	21,50	0,2436	15,83
RCF (%)	45,83	43,59	31,50	65,29	0,7994	11,95

EGS = espessura de gordura subcutânea; PCQ = peso da carcaça quente; RCQ = rendimento da carcaça quente; PCF = peso da carcaça fria; RCF = rendimento da carcaça fria

Tabela 5 - Características físico-químicas da carne de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos MM e MN para o gene da *CAST*

	MM (n = 25)	MN (n= 7)	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
pH	5,66	5,76	5,29	6,05	0,2291	3,32
Cor L* Músculo	36,01	37,22	30,79	41,46	0,7518	7,04
Cor a* Músculo	18,34	17,77	14,77	21,09	0,7218	8,65
Cor b* Músculo	6,98	6,61	4,35	9,48	0,7392	18,86
Cor L* Gordura	70,77	68,85	50,65	79,59	0,7132	8,22
Cor a* Gordura	3,62	4,24	0,34	6,23	0,8465	44,47
Cor b* Gordura	8,27	8,00	2,69	12,36	0,7647	29,64
Força de Cisalhamento (kg)	5,18	5,30	2,59	10,75	0,7188	37,27
Perdas por cocção (%)	33,18	31,61	20,99	40,18	0,8080	15,21

Tabela 6 - Desempenho de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene DGAT-1

	CC (n = 31)	CT (n= 8)	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
PN (kg)	4,03b	4,92a	2,64	7,08	0,0183	22,90
P30 dias (kg)	14,00	14,84	8,16	19,84	0,5263	20,31
P60 dias (kg)	23,41	23,70	15,06	29,94	0,5372	23,67
P90 dias (kg)	30,53	32,38	19,18	40,30	0,6380	16,17
GPND (kg)	22,26	27,46	15,20	34,10	0,6084	17,15
GPDA (kg)	6,06	6,60	1,00	17,54	0,7423	65,49
GPT (kg)	32,56	34,06	24,39	41,13	0,5753	14,01
GMD (kg)	0,375	0,388	0,262	0,489	0,5782	14,42

PN = peso ao nascimento; P30 dias = peso aos 30 dias; P60 dias = Peso aos 60 dias; P90 dias = peso aos 90 dias; GPND = ganho de peso do nascimento ao desmame; GPDA = ganho de peso do desmame ao abate; GPT = ganho de peso total; GMD = ganho médio diário; Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05)

Tabela 7 - Características da carcaça de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene *DGAT-1*

	CC (n = 31)	CT (n= 8)	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
Peso ao abate	36,61	38,98	27,30	46,30	0,2357	13,47
EGS (mm)	1,14a	0,73b	0,42	2,07	0,0117	40,58
PCQ (kg)	16,61	17,40	11,20	22,20	0,5042	16,96
RCQ (%)	45,34	44,60	36,06	68,15	0,7105	10,97
PCF (kg)	16,52	16,58	11,20	21,50	0,9569	15,81
RCF (%)	45,17	43,07	31,50	65,29	0,6740	11,84

EGS = espessura de gordura subcutânea; PCQ = peso da carcaça quente; RCQ = rendimento da carcaça quente; PCF = peso da carcaça fria; RCF = rendimento da carcaça fria; Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 8 - Características físico-químicas da carne de cordeiros mestiços Texel associados aos genótipos CC e CT para o gene *DGAT-1*

	CC	CT	Mínimo	Máximo	p-valor	CV (%)
	(n = 31)	(n= 8)				
pH	5,57	5,59	5,10	6,20	0,7921	4,26
Cor L* Músculo	36,39	36,95	28,61	41,46	0,6288	7,69
Cor a* Músculo	18,69	18,58	15,50	21,09	0,8276	6,77
Cor b* Músculo	7,22	7,00	4,35	9,81	0,6782	17,14
Cor L* Gordura	71,12	70,31	61,47	77,47	0,6211	5,57
Cor a* Gordura	3,63	4,10	0,34	7,93	0,5176	48,22
Cor b* Gordura	8,21	8,83	2,69	12,36	0,5072	27,13
Força de Cisalhamento (kg)	4,85	4,98	2,48	10,08	0,8529	36,87
Perdas por cocção (%)	32,84	33,24	21,77	40,18	0,9844	13,78

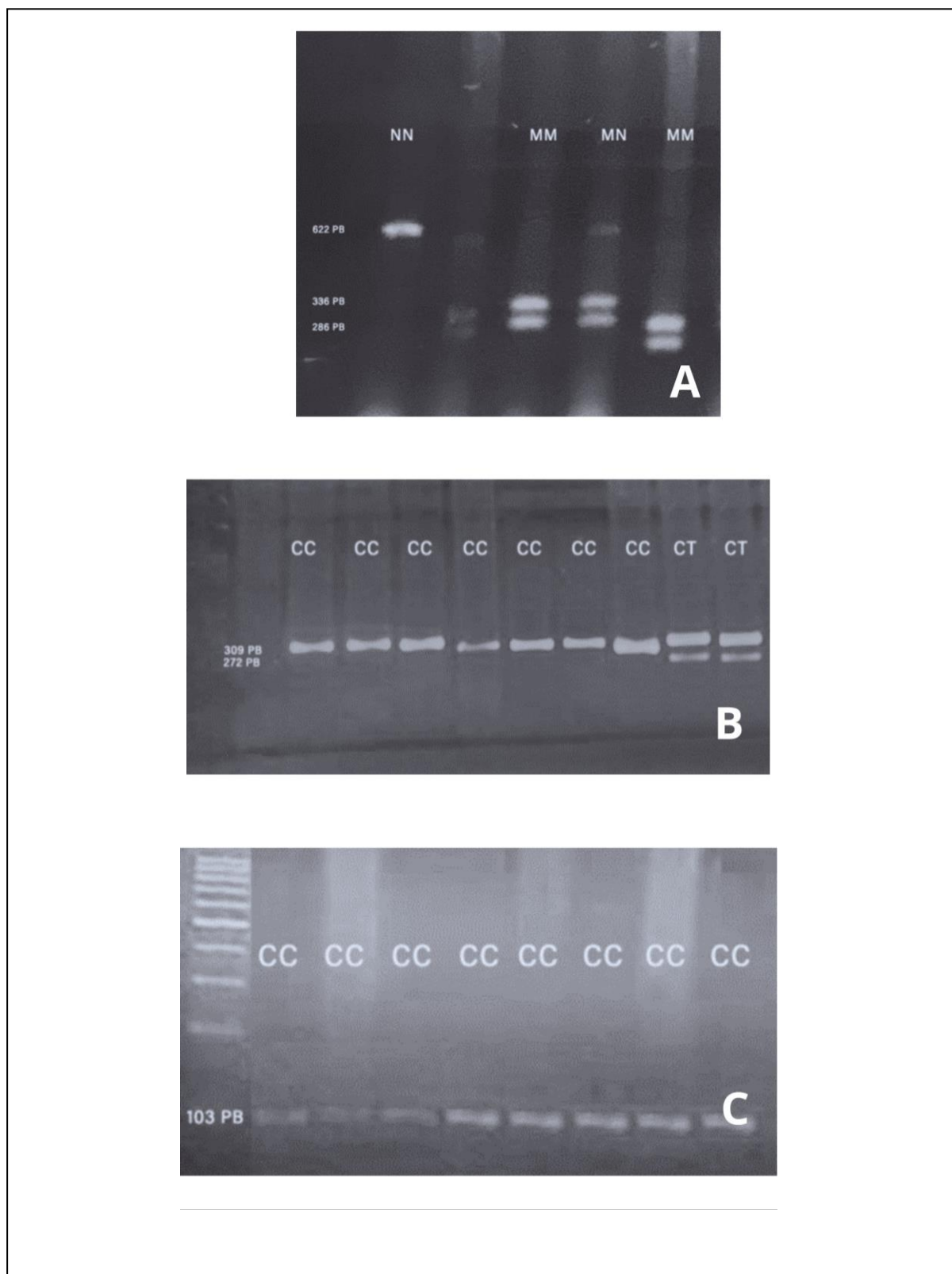


Figura 1 - Polimorfismos após a digestão enzimática. 1A - Padrão de amplificação CAST-MspI em eletroforese em gel de agarose a 2% (Marcador: 100 pb); 1B - Padrão de amplificação DGAT1-AluI em eletroforese em gel de agarose a 3% (Marcador: 100 pb); 1C - Padrão de amplificação LepR-HinI em eletroforese em gel de agarose a 2% (Marcador: 100 pb)

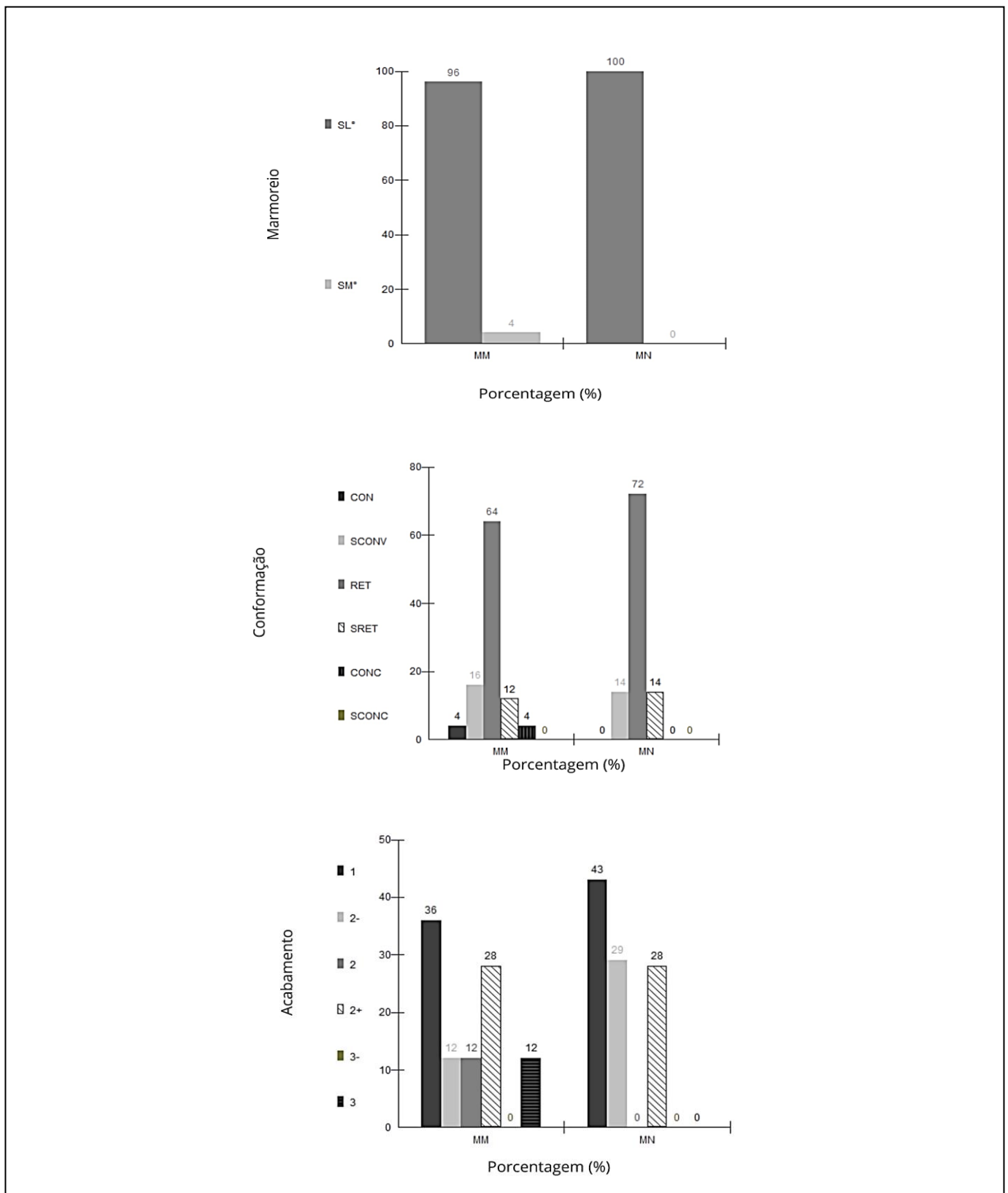


Figura 2 - Qualidade da carcaça de cordeiros mestiços Texel associadas aos genótipos MM e MN para o gene da *CAST*. Marmoreio (SI° = Slight, SM° = Small); Acabamento (1 = Ausente; 2- = Escassa menos; 2+ = Escassa mais; 3- = Mediana menos); Conformação (Conv = Convexa; SConv = Sub Convexa; Ret = Retilínea; SRet = Sub Retilínea; Conc = Concava; SConc = Sub Concava)

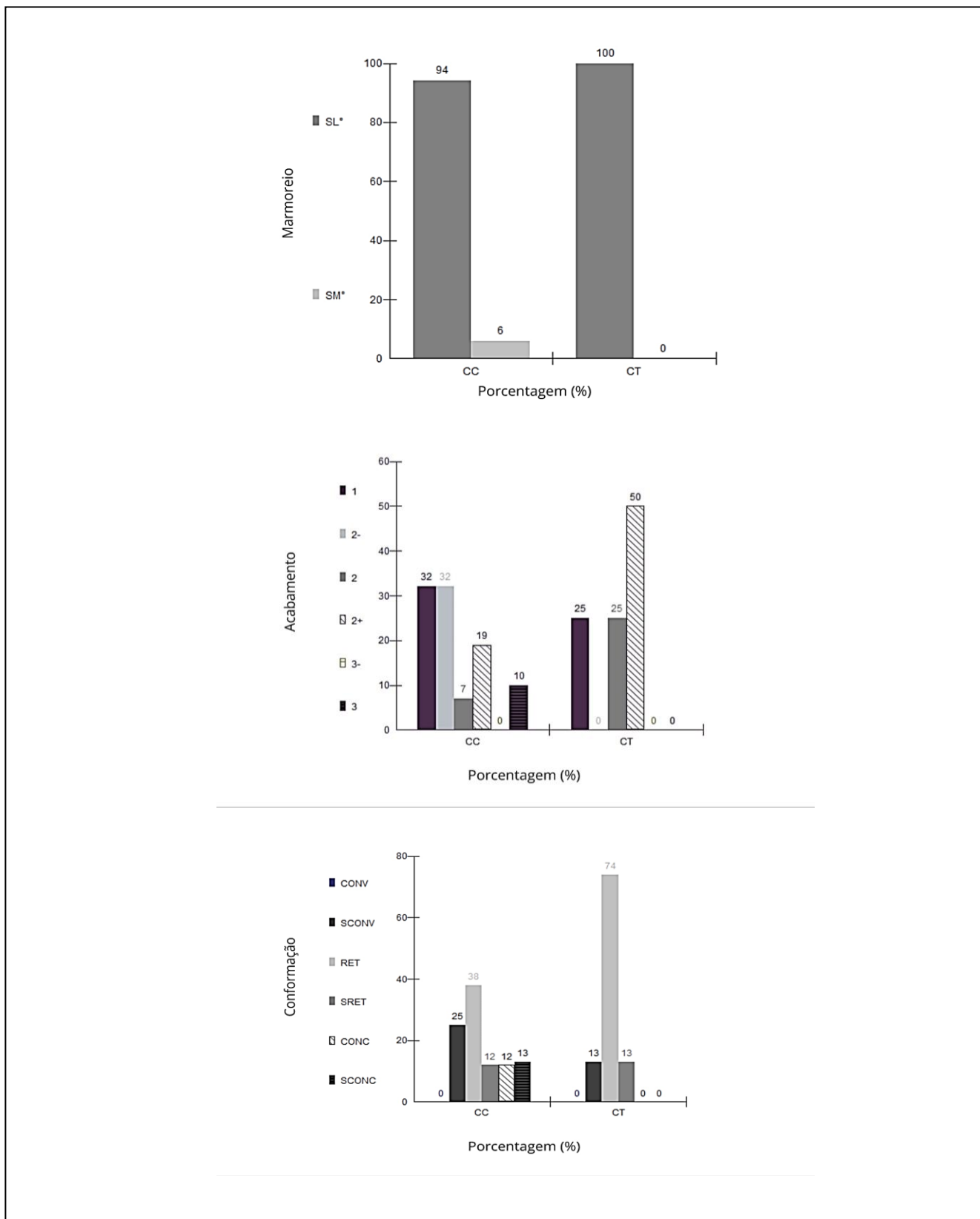


Figura 3 - Qualidade da carcaça de cordeiros mestiços Texel associadas aos genótipos CC e CT para o gene DGAT-1. Marmoreio (SI° = Slight, SM° = Small); Acabamento (1 = Ausente; 2- = Escassa menos; 2+ = Escassa mais; 3- = Mediana menos); Conformação (Conv = Convexa; SConv = Sub Convexa; Ret = Retilínea; SRet = Sub Retilínea; Conc = Concava; SConc = Sub Concava)