



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL

SANDRA ISABEL CASTAÑEDA CAGUANA

TERESINA

2023

SANDRA ISABEL CASTAÑEDA CAGUANA

ESTUDO GENÉTICO DO *FRAME SIZE* EM OVINOS SANTA INÊS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento.

Co-orientador: Dr. Luciano Silva Sena

TERESINA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

C313e Caguana, Sandra Isabel Castañeda.
Estudo genético do *frame size* em ovinos santa inês / Sandra Isabel Castañeda Caguana. -- 2023.
90 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Teresina, 2023.

“Orientador: Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmento.”

1. Ovinocultura. 2. Melhoramento genético - ovinos. 3. Frame. 4. *single-step* GBLUP . I. Sarmento, Lindenberg Rocha. II. Título.

CDD 636.39

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

ESTUDO GENÉTICO DO *FRAME SIZE* EM OVINOS SANTA INÊS

SANDRA ISABEL CASTAÑEDA CAGUANA

Tese aprovada em: 11/08/2023

Banca Examinadora:



Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Daniel Biagiotti (Interno) / CTBJ/UFPI



Prof. Dr. Gleyson Vieira dos Santos (Externo) / UESPI

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANO PINHEIRO DA SILVA
Data: 05/09/2023 10:46:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva (Externo) / UFC



Pesquisador Dr. Luiz Antonio Silva Figueiredo Filho (Externo) / IFMA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a nosso Deus, pela vida e força para enfrentar os desafios nesta jornada da minha vida que não foi nada fácil.

Quero agradecer a meu pai Milton, por sempre me apoiar com palavras e guiando nesta caminhada longe de meu país e minha família e a minha mãe Maria Manuela Caguana (in memoriam), pelo amor, e a vida que ela me deu.

Às pessoas que Deus colocou no meu caminho como foi a família do Luciano Silva Sena e a família da Lilian Rosalina Gomes Silva que sempre me apoiaram nesta etapa de meu doutorado.

Ao meu orientador, José Lindenberg Rocha Sarmiento, pelas orientações, trocas de experiências e conhecimentos e a paciência que ele teve comigo. Aos estimados colegas de pós-graduação, Luciano Silva Sena, Lilian Rosalina, Joselice Pereira e Arthur Rocha, pelas contribuições acadêmicas e apoio.

À Organização de Estados Americanos (OEA), ao governo brasileiro, o grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB), ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) da Universidade Federal do Piauí e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade e concessão da bolsa de estudo.

Meus mais sinceros agradecimentos!

RESUMO

CASTAÑEDA CAGUANA, Sandra Isabel. **Estudo genético do *Frame size* em ovinos Santa Inês**. 2023. Tese (Doutorado em Ciência Animal - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2023).

A inclusão de novas avaliações dentro dos programas de melhoramento genético de ovinos de corte tem sido utilizada juntamente com o uso da seleção genômica (GS) para intensificar a seleção e atender aos diversos objetivos de produção. Neste sentido, as características de carcaça e tamanho adulto dos animais apresentam grande importância econômica no melhoramento genético ovino. Objetivou-se com esta pesquisa propor um modelo para estimar os escores de *Frame size* (FS) em ovinos da raça Santa Inês e, paralelamente, avaliar a relação genética existente entre características de carcaça ajustadas e o FS, assim como realizar a avaliação genética de ovinos da raça Santa Inês para essas características, com uso das matrizes de parentesco tradicional (A) e com inclusão de dados genômicos (matriz H). Foram utilizadas 708 observações de FS, altura da garupa (AG) e idade adulta (ID), respectivamente. Havia 1.637 indivíduos na matriz de numeradores de parentesco, dos quais 389 foram genotipados com o painel OvineSNP50 BeadChip (Illumina Inc.). No Capítulo 1, foi desenvolvido um modelo de regressão múltipla para estimar os escores de FS, categorizados em pequeno (P), médio (M) e grande (G), os quais mostraram influência significativa ($p < 0,05$) do FS sobre a área de olho de lombo ajustada (AOL30), espessura da gordura subcutânea ajustada (EGS30), profundidade do olho de lombo ajustada (POL30) e perímetro da perna ajustado (PP30). No Capítulo 2, foram estimados parâmetros genéticos e acurácia de valores genéticos (genômicos) preditos (G)EBVs para as características em estudo, com uso das matrizes de parentesco A e H, por meio dos métodos BLUP e ssGBLUP, em análises uni e multicaracterísticas. O uso de informações genômicas melhorou a capacidade preditiva dos modelos. As correlações genéticas foram, em sua maioria, de magnitude baixa e negativa, indicando pouca relação genética entre as características avaliadas. As maiores acurácias foram obtidas com uso do método ssGBLUP. A seleção genômica é uma ferramenta vantajosa em relação à seleção tradicional e promoverá maior ganho genético para as características de carcaça e FS em ovinos da raça Santa Inês.

Palavras-chave: Área de olho de lombo, profundidade de olho de lombo, frame, espessura de gordura, ovinocultura, *single-step* GBLUP.

ABSTRACT

CASTAÑEDA CAGUANA, Sandra Isabel. **Genetic study of Frame size in Santa Inês sheep.** 2023. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal Science)- Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2023.

The inclusion of new evaluations in meat sheep breeding programs has been applied along with the use of genomic selection (GS) to intensify selection and meet the various production goals. In this sense, carcass traits and the adult size of animals have great economic importance in the genetic improvement of sheep. The objective of this study was to propose a model to estimate frame scores (FS) in Santa Inês sheep, evaluate the relationship between adjusted carcass traits and FS, as well as to perform the genetic evaluation of Santa Inês sheep for these traits using traditional relationship matrices (**A**) and with the inclusion of genomic data (matrix **H**). A total of 708 records of FS, rump height (RH), and adult age (AA) were used. There were 1,637 individuals in the numerator relationship matrix, of which 389 were genotyped with the OvineSNP50 BeadChip panel (Illumina Inc.). In Chapter 1, a multiple regression model was developed to estimate the FS scores, categorized as small (P), medium (M), and large (G), which showed a significant influence ($p < 0.05$) of FS on the adjusted loin eye area (LEA30), subcutaneous fat thickness (SFT30), loin eye depth (LED30) and leg perimeter (LP30). In Chapter 2, genetic parameters and accuracy of predicted (genomic) breeding values (G)EBVs for the traits under study were estimated using relationship matrices **A** and **H** using the BLUP and ssGBLUP methods, in single- and multi-trait analyses. The use of genomic information improved the predictive ability of the models. The genetic correlations were mostly of low and negative magnitude, indicating little genetic relationship between the evaluated traits. The highest accuracies were obtained with the use of the ssGBLUP method. Genomic selection is an advantageous tool compared to traditional selection and will promote greater genetic gain for carcass traits and FS in Santa Inês sheep.

Keywords: loin eye area; loin eye depth; frame; subcutaneous fat thickness; sheep farming; single-step GBLUP.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1. Distribuição das categorias do *Frame* observado (FO) em ovinos da raça Santa Inês.....47
- Figura 2. Distribuição das categorias do *Frame size* em ovinos da raça Santa Inês.....48
- Figura 3. Correlações de Pearson entre *Frame Size* e características de carcaça *in vivo* em ovinos da raça Santa Inês. *P <0,05.....51

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Valores genéticos obtidos com BLUP tradicional (eixo x) e *single-step*GBLUP (eixo y), e correlação de ordem de Spearman (r) para área de olho de lombo ajustada para 30 kg (AOL30), profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg (POL30), espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg (EGS30) e circunferência da perna ajustada para 30 kg (PER30) mensurados *in vivo* em ovinos da raça Santa Inês.....74
- Figura 2.** Valores genéticos obtidos com BLUP tradicional (eixo x) e *single-step*GBLUP (eixo y), e correlação de ordem de Spearman (r) *frame score* em ovinos da raça Santa Inês.....75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Rebanho ovino por continentes ao nível mundial.....	13
Tabela 2. Classificação dos animais de acordo a categorias de escore do <i>Frame size</i> na espécie bovina.....	16
Tabela 3. Estimativas das herdabilidades (h^2), para <i>Frame size</i> na espécie bovina.....	18
Tabela 4. Correlações fenotípicas entre o peso vivo e as medidas corporais em ovinos.....	20
Tabela 5. Herdabilidades das diferentes medidas corporais e carcaça em ovinos.....	23

CAPÍTULO I

Tabela 1. Atribuição do <i>Frame size</i> observado (FSO) em ovinos da raça Santa Inês a partir da combinação da idade (ID) e altura da garupa (AG).....	43
Tabela 2. Estatística descritiva para <i>Frame size</i> em ovinos Santa Inês.....	46
Tabela 3. Modelos de escores de <i>Frame Size</i> em ovinos Santa Inês.....	47
Tabela 4. Valores médios, mínimo, máximo, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) de <i>Frame size</i> e medidas de ultrassom em ovelhas Santa Inês.....	49
Tabela 5. Médias estimadas para medidas de carcaça <i>in vivo</i> em ovinos da raça Santa Inês entre categorias de <i>Frame size</i>	50
Tabela 6. Médias ajustadas 30 kg para medidas de carcaça <i>in vivo</i> em ovinos da raça Santa Inês com diferentes categorias de <i>Frame Size</i>	50

CAPÍTULO II

Tabela 1. Estatística descritiva para <i>Frame score</i> e características de carcaça mensuradas <i>in vivo</i> em ovinos Santa Inês.....	71
Tabela 2. Estimativas de componentes de variância e herdabilidade para características de carcaça e <i>Frame Size</i> em ovinos da raça Santa Inês com uso de diferentes matrizes de parentesco.....	72
Tabela 3. Correlações genéticas entre características de carcaça e <i>Frame Size</i> em ovinos da raça Santa Inês com uso de diferentes matrizes de parentesco.....	73

Tabela 4. Estimativas de acurácia média para valores genéticos de ovinos Santa Inês avaliados para <i>Frame size</i> e características de carcaça ajustadas para 30kg com uso de diferentes matrizes de parentesco em modelos uni e multicaracterísticas.....	73
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS

AG	Altura da garupa
AIC	Critério de Informação de Akaike
AOL	Área de Olho de Lombo
AOL30	Área de Olho de Lombo ajustada
ARCO	Associação Brasileira de Criadores de Ovinos
BIC	Critério Bayesiano de Schwarz
BLUP	Best Linear Unbiased Predictor (Melhor Preditor Linear Não Viesado)
cm²	Centímetro quadrado
CV	Coefficiente de variação
DNA	<i>Deoxyribonucleic Acid</i> (Ácido Desoxirribonucleico)
DP	Desvio Padrão
DPP	Desvio Padrão a posteriori
EBV	<i>Estimated Breeding Value</i> (Valor Genético Estimado)
EGS	Espessura de Gordura Subcutânea
EGS30	Espessura de Gordura Subcutânea ajustada
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)
FO	<i>Frame</i> observado
FS	<i>Frame size</i> (estrutura corporal)
GBLUP	Genomic BLUP (BLUP Genômico)
GEBV	Genomic Estimated Breeding Value (Valor Genético Genômico Estimado)
GWS	Genome wide selection (Seleção genômica ampla)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAF	Minor Allele Frequency (frequência do alelo menos frequente)
MLM	Modelos Lineares Mistos
mm	Milímetro
POL	Profundidade de olho de lombo

POL30	Profundidade de olho de lombo ajustada
SNP	<i>Single nucleotide polymorphism</i> (Polimorfismo de base única)
ssGBLUP	<i>Single-step genomic best linear unbiased prediction</i> (Melhor preditor linear não viesado genômico em passo único)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Panorama da ovinocultura de corte e a raça Santa Ines.....	14
2.2. <i>Frame Size</i> na produção animal	16
2.3 Importância das medidas corporais em ovinos de corte	19
2.4 Melhoramento genético de algumas características produtivas da raça Santa Inês...21	
2.5 Características de carcaça obtida com uso de aparelho ultrassonográfico	24
2.6 Seleção Genômica Ampla (GWS) em ovinos de corte	26
3.REFERÊNCIAS	28
CAPITULO I- Frame size en ovinos Santa Inês e sua relação com as características de carcaça in Santa Ines.....	38
1. Introdução	40
2. Material e métodos	41
3. Resultados.....	46
4. Discussão	51
5. Conclusão	55
Referências	56
CAPITULO II - Avaliação genética de ovinos santa inês para estrutura corporal e características de carcaça com inclusão de informação genômica	62
1.Introdução	65
2. Material e métodos.....	66
3. Resultados.....	71
4. Discussão	75
5. Conclusão.....	84
Referências	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	89

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura no Brasil é uma das atividades da pecuária que vem crescendo e ocupando um lugar no agronegócio brasileiro, sendo esse crescimento principalmente na região Nordeste, com uso de raças deslanadas, principalmente da raça Santa Inês, que apresenta atributos de destaque para a produção de carne e possui boa adaptabilidade para o clima tropical do Brasil (RAINERI; SANTOS; GAMEIRO, 2015; ANDRADE et al., 2021).

A raça Santa Inês precisa de melhoria genética, pois é uma raça pouco conhecida em diversas características produtivas, como na qualidade e rendimento da carcaça (CARNEIRO et al., 2006; JUCÁ et al., 2016; SENA et al., 2020). Nesse sentido, é importante fornecer informações para os ovinocultores sobre como melhorar tais características e obter produtos de qualidade para poderem ser inseridos nos nichos de mercado (BERNABEU et al., 2018; CONSTANTINO et al., 2018).

Os produtores atualmente devem se preocupar cada vez mais em oferecer ao mercado produtos de alta qualidade. Isso requer uma cuidadosa seleção genética e um manejo adequado, levando em consideração diferentes biótipos que se adaptem aos diversos sistemas de produção. Um aspecto importante nesse processo é o *Frame size* dos animais, que permite padronizá-los dentro do rebanho, levando em conta a disponibilidade nutricional e as variáveis econômicas. O *Frame size* é uma característica mensurável, relacionada à altura da garupa em relação à idade dos animais, e serve como um indicativo do peso de abate, garantindo que animais similares apresentem um acabamento de carcaça semelhante.

O rendimento de carcaça é usualmente avaliado com base nas dimensões do músculo *Longissimus dorsi* (olho de lombo) e dependem de fatores ambientais e genéticos (ESTEVES et al., 2018). O rendimento de carcaça está diretamente relacionado com o peso, qualidade da carne e a proporção dos principais tecidos (músculo, gordura, osso) (LEMES et al., 2014). A ultrassonografia *in vivo*, que permite quantificar a presença de tecidos musculares e adiposos (JUNIOR, 2021), tem se tornado uma ferramenta importante na avaliação da carcaça de animais de produção (OLIVEIRA et al., 2018). Essa técnica permite uma análise mais acurada das características relacionadas à carcaça dos animais, contribuindo para a avaliação da sua qualidade.

Para complementar a avaliação genética tradicional, MEUWISSEN et al. (2001) propuseram um método denominado seleção genômica ampla (GWS), que consiste na seleção que

utiliza como base a informação do DNA acessada por marcadores genéticos do tipo SNP (*single nucleotide polymorphism*), considerando uma escala genômica ampla. O uso da seleção genômica tem sido eficaz para intensificar o uso de indivíduos jovens geneticamente superiores, garantindo maiores acurácias de predição e redução dos intervalos de gerações, tornando os ganhos genéticos eficientes e reduzindo os custos em até 90% (PRYCE; HAYES; GODDARD, 2012; MEUWISSEN; HAYES; GODDARD, 2003), sendo especialmente relevante para características de importância econômica que não são mensuradas rotineiramente nas propriedades. Atualmente no Brasil, ainda há grande carência de iniciativas direcionadas ao melhoramento genético de características de carcaça em ovinos, principalmente com utilização de informação genômica. Isso resulta em deficiência no conhecimento sobre a arquitetura genética e mecanismos fisiológicos envolvidos na expressão de características de carcaça nas principais raças ovinas brasileiras, assim como estudos em seleção genômica em ovinos Santa Inês.

Dada a importância econômica das características de rendimento de carcaça nos diferentes sistemas de produção e no melhoramento genético em ovinos Santa Inês, notou-se a necessidade de um critério de seleção para monitorar o acabamento e qualidade das carcaças. Na raça Santa Inês, ainda há necessidade de mais pesquisas que avaliem a influência das categorias de escore de *Frame size* (FS) sobre a qualidade de carcaça, assim como no rendimento de cortes nobres para maior aceitação pelo mercado consumidor.

De modo geral, estudos de seleção genômica ampla ainda são raros para avaliar o FS e sua influência sobre as características de carcaça em ovinos. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivos propor uma equação para o FS desenvolvida para ovinos e, estimar os parâmetros genéticos para FS e correlacioná-lo com características relacionadas a carcaça mensuradas *in vivo* em ovinos da raça Santa Inês.

A tese está estruturada com base nas normas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da UFPI estabelecidas na Resolução 001/03-CCMCA. A estrutura é apresentada da seguinte forma: Parte introdutória, constituída pela Introdução geral e Revisão de Literatura, em que consta a descrição da proposta geral do trabalho e tópicos de grande relevância pertinentes ao tema da pesquisa. A estrutura é apresentada da seguinte forma: Parte introdutória, constituída pela Introdução geral e Revisão de Literatura, em que consta a descrição da proposta geral do trabalho e tópicos de grande relevância pertinentes ao tema da pesquisa. O Capítulo I consiste em um estudo do *Frame size* em ovinos Santa Inês e sua relação com características de carcaça. O

Capítulo II trata sobre a seleção genômica aplicada ao *Frame size* em ovinos da raça Santa Inês. Ao final, são apresentadas as Considerações Finais, em que são mostrados os principais aspectos inerentes à aplicação e relevância desta pesquisa, assim como sugestões para sua continuação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama da ovinocultura de corte e a raça Santa Inês

A ovinocultura é uma atividade pecuária de grande importância na economia e subsistência de diferentes países (HEJAZI et al., 2019). A carne é o principal produto oriundo dessa atividade (MORRIS, 2009), particularmente em países de clima subtropical como no caso da Austrália, Brasil, China, África do Sul, Espanha e Uruguai (POLI et al., 2020). Em muitos casos, a carne ovina é consumida em ocasiões especiais (ANDRADE et al., 2016) e para fins religiosos, como no caso da comunidade Muçulmana (MONTOSI et al., 2013).

A população mundial de ovinos resultou em 1.2 bilhões de cabeças de ovinos no 2022, aumentou em 5,5% em relação ao ano 2016, destacando-se o continente Asiático, já que sua cultura de criação e consumo de ovinos foi responsável por 43,34% do rebanho mundial (Tabela 1).

Tabela 1 Rebanho ovino por continente ao nível mundial

CONTINENTES	ANO 2016		ANO 2022	
	Rebanho (cabeças)	Participação (%)	Rebanho (cabeças)	Participação (%)
África	373.248.325	31,16	418.303.807	33,12
América do Norte	6.110.100	0,51	5.995.800	0,47
América do Sul	63.617.482	5,31	65.291.090	5,17
América Central e Caribe	11.733.105	0,98	11.453.861	0,91
Ásia	516.740.418	43,14	547.423.892	43,34
Europa	131.115.888	10,95	125.068.866	9,90
Oceania	95.158.252	7,94	89.599.328	7,09
Rebanho total	1.197.723.570	100	1.263.136.644	100,00

Fonte: (FAO, 2022)

A produção mundial de carnes resultou em aproximadamente 360 milhões de toneladas em 2022, com um crescimento lento de 1,2% em relação a 2021, das quais 16,5 milhões correspondem à carne ovina, o que representa cerca de 4,6% da produção mundial de carne (FAO, 2022). Os

países com maior produção de carne ovina situam-se na Ásia (China) e Oceania (Austrália e Nova Zelândia) (FAO, 2022) e, em proporções bem menores, alguns países da América do Sul.

O Brasil está entre os 20 maiores produtores de carne ovina do mundo, contando com 1,63% de todo o rebanho mundial, com um total de 20,6 milhões de animais (IBGE, 2020). Neste contexto, a produção de carne ovina no Brasil aumentou 3,3% em 2020, em relação a 2019.

A ovinocultura no Brasil é uma das atividades pecuárias que vêm crescendo e ocupando lugar no agronegócio brasileiro desde o início do ano 2000, sendo esse crescimento observado principalmente na região Nordeste, com uso de raças deslanadas, que possuem boa adaptabilidade para o clima tropical do Brasil (RAINERI; SANTOS; GAMEIRO, 2015; ANDRADE et al., 2021). Na região Nordeste, o tamanho efetivo do rebanho ovino é de mais de 14 milhões de animais, o que corresponde a 70,6% do efetivo do rebanho nacional, os quais são destinados à produção de carne (IBGE, 2020).

De acordo com o IBGE (2020), a região Nordeste teve um aumento de 6,3% no rebanho ovino entre 2017-2020, com uma tendência positiva de crescimento ao longo do último ano na região e com um aumento efetivo total de rebanho ovino no Brasil.

China e Europa consomem mais de 1/3 da carne ovina produzida no mundo, estimando-se que o consumo per capita desta carne na China possa atingir 5 kg até 2025 (MA et al., 2022). Por outro lado, o consumo per capita de carne ovina no Brasil em anos recentes resultou em 0,4kg (OECD/FAO, 2020), que é relativamente baixo, se comparado com o consumo da Argentina de 1,23 kg e Uruguai com 4,05 kg (ESTURRARI, 2017).

O Brasil nos últimos anos apresentou excesso de demanda no consumo interno de carne ovina, alavancado pelo aumento do poder aquisitivo da população (VIANA; MORAES; DORNELES, 2015; REGO et al., 2019; PAULA et al., 2021). Além disso, a carne ovina é considerada saudável, do ponto de vista digestivo e nutricional (PESSOA et al., 2018; FIRETTI et al., 2017).

O Brasil importa carne ovina de países como Uruguai e Chile. No primeiro semestre do 2021, essa importação correspondeu aproximadamente a 1,07 toneladas, com um gasto de USD\$ 8 milhões (COMEX, 2021). No ano 2019, o país chegou a gastar aproximadamente de USD\$ 43 milhões (FAO, 2019a; MAPA, 2020). Essa diminuição de importação ocorreu devido às imposições de medidas de combate à pandemia de COVID-19, o que obrigou restaurantes e churrasqueiras, por exemplo, a reduzirem o volume de carne ovina (FAO, 2022). Além disso, a queda nas

importações se deu devido ao aumento da inflação, que elevou os preços da alimentação básica.

A produção de carne ovina no Brasil ainda é baixa, devido à falta de organização dos elos da cadeia, principalmente na produção e abate (MATZEMBACHER; FAVIERO; BARCELLOS, 2021). Neste sentido, outro fator é a ausência de informações sobre as preferências e comportamento dos consumidores (AGNE; PORTO; CAVALHEIRO, 2021).

Portanto, é importante fornecer informações para os ovinocultores, para determinar os nichos de mercado e desenvolver estratégias de *marketing* para o consumo de carne ovina (BERNABEU et al., 2018; CONSTANTINO et al., 2018).

Diante deste quadro, o produtor necessita se preocupar cada vez mais em oferecer ao mercado um produto de qualidade, por meio de uma boa seleção genética e manejo com base em diferentes biótipos que se adaptem aos diferentes sistemas de produção e que permitam padronizar o *Frame size* dentro do rebanho em função da disponibilidade nutricional e das variáveis econômicas.

2.2. *Frame Size* na produção animal

A produção animal desempenha um papel crucial no fornecimento de alimentos para a população global. Dentre os fatores que influenciam o desempenho e a produtividade dos animais, a estrutura corporal (*Frame size*) tem sido objeto de discussões e pesquisas. Essa medida é utilizada como uma forma de descrever numericamente o tamanho do esqueleto animal, possibilitando estimar o potencial de crescimento, as necessidades nutricionais futuras e o seu tamanho quando atingir a maturidade.

O *Frame size* (FS) foi desenvolvido quando não existiam outras ferramentas disponíveis para mensurar o desempenho do animal. As fórmulas matemáticas para obtenção do FS foram desenvolvidas pelas universidades de Wisconsin e Missouri (Prof. John Massey) dos Estados Unidos (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2018), usando como medidas a idade dos animais e a altura da garupa. Os escores de FS em bovinos, de acordo com Dhuyvetter(1995), variam de 1 a 9, de forma que permitem conhecer a quantidade de alimento que os animais precisam para seu crescimento e peso final.

O FS é uma relação numérica determinado pela altura da garupa, enquanto a altura da garupa é de fácil mensuração e pouco susceptível as variações do meio ambiente em uma determinada idade (VARGAS et al., 1999). Esta medida pode ser utilizada para predizer o tamanho dos animais adultos e servir como um indicativo na curva de crescimento (YOSTAR et al., 2011).

Dessa forma, tem correlação com a taxa de crescimento e com a produtividade do animal (MOTA et al., 2014).

A categorização do FS segundo a metodologia pelo BIF (2002) usa valores de 1 até 11 para os quais McKierman (2005) relaciona os escores 1 e 2 como frame pequeno; 3-4-5 *frame* médio; 6-7-8 frame grande; 9-10-11 frame extremamente grande (Tabela 2).

Tabela 2 Classificação dos animais de acordo com as categorias de escore do *Frame size* na espécie bovina.

Escore ^a	Categoria ^b	CARACTERÍSTICAS ^c	CUSTOS DE PRODUÇÃO ^d	MATURIDADE DE DEPOSIÇÃO DE GORDURA ^e
1-2	Pequeno	- Dimensões esqueléticas menores - Corpo e patas pequenos - Boa expressão muscular - Bom comprimento do corpo	Baixos	- Maturidade fisiológica precocemente - Maior deposição de gordura
3-4-5	Médio	- Bom desenvolvimento muscular	Médios	- Umamaturidade fisiológica intermédio
6-7-8	Grande	- Mais pesados em qualquer idade - Animais grande com ossos longos	Altos	- Mais tardios na deposição de gordura - Maior quantidade de carne magra
9-10-11	Extremamente grande	- Animais muito magros - Pouco desenvolvimento muscular	Altos	Não possuem bom acabamento da carcaça

^aAdaptado de BIF (2002); ^bMcKierman (2005); ^cMota (2014); ^dPourrain (2004); ^eAGRICULTURA (2018).

Nos sistemas de produção bovina o *frame* ou estrutura corporal representa uma relação entre crescimento, composição corporal, reprodução e tamanho maduro, de forma simples e prática (SAINZ et al., 2020).

Em ovinos, as categorias do FS foram divididas em três classes (pequeno, médio e grande), baseadas na avaliação visual do tamanho do esqueleto (altura e comprimento) em relação à idade (BAIRD et al., 1989; TATUM et al., 1998).

A proposta de uma metodologia para ser usada nos sistemas de produção ovina a uma idade de 120 dias tem base nas seguintes medidas corporais (SOUZA JÚNIOR et al., 2013): altura da cernelha, altura da garupa, comprimento corporal e peso vivo, classificados com frame médio entre 50 e 57,50; e com frame entre 57,60 a 62 como grandes.

Na Austrália, o *frame* em ovinos é medido desde o ponto mais alto da cernelha (em centímetros) e considerado em tamanhos grande (66 até ≥ 71 cm), médio (56-65 cm) e pequeno (≤ 55 cm). Por outro lado, os açougues consideram colocar o tamanho estrutural dos animais em vez do peso, classificando em animais grandes, médios e pequenos para a venda (MEAT & LIVESTOCK AUSTRALIA, 2017).

O FS é importante dentro do melhoramento genético e manejo nutricional. Alguns estudos mostram que animais de frame grande precisam de mais forragem por unidade, diferente dos animais com frame pequeno, cuja variável que afeta o tamanho à maturidade é a ingestão dos alimentos, existindo uma alta correlação genética entre as diferenças de tamanho de cada indivíduo em qualquer idade com o tamanho em outras idades (BRINKS, et al., 1964; FITZHUGH H., 1971; ŞENTÜRKLÜ et al., 2021). Enquanto isso, existe uma correlação alta (0,96) entre a altura da garupa e o frame, e também para o perímetro torácico; do contrário, as correlações entre as medidas do corpo (comprimento, perímetro, largura do corpo) e *Frame size* são baixas, variando de 0,09 a 0,48 (MAINO; LINTON; BRINKS, 1981; TATUM; WILLIAMS; BOWLING, 1986).

A seleção por meio do FS é uma ferramenta adequada quando os melhoristas conhecem os objetivos dos sistemas de produção, os ambientes viáveis para se desenvolver os animais e os recursos de manejo de alimentação (TAYLOR et al., 2008; SAINZ et al., 2020; NEGREIROS et al., 2022).

Na Tabela 3, são apresentadas as estimativas de herdabilidade para FS em bovinos, que variam de moderada a alta magnitude, que indicam que essa característica seria ideal para ser utilizada na seleção genética.

Tabela 3 Estimativa das herdabilidade (h^2) para *Frame size* na espécie bovina.

RAÇA	h^2	PAÍS	REFERÊNCIAS
Nelore	0,26	Brasil	Horimoto et al. (2007)
Simmental X Simbrah	0,42	México	Torres. (2012)
Nelore	0,48	Brasil	Mercadante. (2011)
Nelore	0,38	EUA	Sainz (2020)
Nelore	0,30	Brasil	Negreiros. (2022)

Adaptado de Horimoto (2007); Torres (2012); Mercadante. (2011); Sainz (2020); Negreiros. (2022).

As vantagens de implantar os escores de *Frame size* nos sistemas de produção animal são: fácil de entender, prático de usar, discrimina entre animais de tamanhos diferentes, não discrimina entre animais de sexo diferente e possui relação com a precocidade sexual (SAINZ et al., 2018). Além disso, pode-se usar medidas corporais dos animais como a altura da garupa (AG).

2.3 Importância das medidas corporais em ovinos de corte

A primeira tecnologia usada pelo homem para avaliar a morfologia de animais foi a avaliação visual. Ao longo dos anos, medidas corporais obtidas *in vivo* têm sido utilizadas em muitas pesquisas para determinar o tamanho da estrutura corporal dos ovinos e sua harmonia fenotípica (ZHANG et al., 2018).

Nos programas de melhoramento genético são estudadas várias características para melhorar a qualidade e produtividade do produto final nos sistemas de produção de ovinos de corte, otimizando a rentabilidade do produtor (ALVES et al., 2019; TEIXEIRA et al., 2013).

As medidas corporais *in vivo* em ovinos representam uma ferramenta utilizada há bastante tempo como um avaliador do tipo de animal e do potencial de produção, de forma indireta como um critério de seleção (ARCOS-ÁLVAREZ et al., 2020; BAUTISTA DÍAZ et al., 2020; RAMOS et al., 2019; YILMAZ; CEMAL; KARACA, 2012).

Da mesma forma, essas medidas servem como um preditor das características da carcaça e os cortes nobres em diferentes estágios fisiológicos e condições corporais, sem nenhum custo adicional para o produtor e de fácil praticidade (BAUTISTA-DÍAZ et al., 2017; COSTA et al., 2020; NSOSO et al., 2003). De maneira semelhante, as medidas corporais são usadas para calcular o peso e os índices que os animais apresentam em relação ao *Frame size* (ALDERSON, 1999).

Para a coleta de medidas corporais que serão utilizadas para a avaliação do mérito genético dos animais, é necessário manter a posição correta do animal no momento da coleta e que haja a padronização das medidas, para que a mensuração seja realizada da forma mais precisa possível e as inferências sejam corretas (ZHANG et al., 2018).

O peso vivo é uma característica importante nos animais de corte, pois, além de ser uma medida de fácil mensuração e baixo custo, é um indicador de produção de carne e pode ser usado como uma variável indireta para determinar a carcaça e como um critério de seleção (BAUTISTA DÍAZ et al., 2020; CAM; OLFAZ; SOYDAN, 2010; COSTA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021;

MCMANUS et al., 2013). Além disso, o peso vivo é uma característica que é correlacionada com as medidas lineares.

Vários estudos demonstram que existe uma boa correlação fenotípica entre o peso vivo e as medidas corporais em ovinos (BIRTEEB; PETERS; OZOJE, 2014; MAHMUD et al., 2014; SALAKO, 2006; SAMUEL FAJEMILEHIN; SALAKO, 2008). Medidas como peso, comprimento corporal, circunferência torácica, comprimento da perna e outros são influenciados pelo ambiente, exceto as alturas como da cernelha e da garupa.

A Tabela 4 apresenta algumas correlações fenotípicas entre o peso vivo, características de carcaça e medidas corporais como comprimento do corpo (CC), altura da cernelha (AC), altura da garupa (AG), profundidade de olho de lombo, área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). As características corporais em conjunto podem servir para estimar parâmetros físicos e químicos da carcaça (GOMES et al., 2021).

Tabela 4 Correlações fenotípicas entre o peso vivo e as medidas corporais em ovino.

Raça	C 1	C 2	rf(C1-C2)	Referência
Awassi	PV	AG	0,32	Özen et al. (2019)
Yankasa	PV	CC	0,83	Salako et al. (2006)
	PV	AC	0,78	
	PV	AG	0,7	
Santa Inês	AOL	AG	0,23	Sena et al. (2016)
	POL	AG	0,26	
	EGS	AG	0,27	
Djallonkle	PV	CC	0,61	Birteeb et al. (2014)
	PV	AC	0,62	
	PV	AG	0,6	
IranianMakuei	PV	CC	0,42	Varkoohi et al. (2018)

	PV	AC	0,47	
	PV	AG	0,5	
Morada Nova	AOL	AG	0,30	Costa et al. (2020)

C1: característica 1; C2: característica 2; rf(C1-C2): correlação fenotípica entre a característica 1 e 2; PV: peso vivo; CC: comprimento corporal; AC: Altura da cernelha; AG: Altura da garupa; POL: profundidade de área de lombo.

Estudos relatam que existem correlações fenotípicas altas, moderadas e positivas entre as medidas corporais e algumas características de produção de ovinos. Além disso, alguns trabalhos indicam que as medidas corporais poderiam ser usadas para prever o peso da carcaça mediante regressões múltiplas. Neste sentido, é essencial relacionar fenotípica e genotípicamente duas ou mais características das medidas corporais para melhorar os programas de seleção que são aplicados na produção animal (AFOLAYAN; ADEYINKA; LAKPINI, 2006; COSTA *et al.*, 2020; MAHMUD *et al.*, 2014; ÖZEN *et al.*, 2019; ROMDHANI; DJEMALI, 2006; SALAKO, 2006).

Dentro do melhoramento genético, as características de interesse econômico (quantitativas) dependem de sua variação genética aditiva e sua correlação entre outras características (ABBASI e GHAFOURI-KESBI, 2011). Neste contexto, é importante ter conhecimento da estimação dos parâmetros genéticos, para tornar mais eficientes os programas de melhoramento genético (SAFARI; FOGARTY; GILMOUR, 2005; VANIMISSETTI; NOTTER; KUEHN, 2007).

Informações como as medidas corporais e crescimento dos ovinos oferecem um maior fornecimento para os parâmetros genéticos e um melhor desenvolvimento adequado dos índices de seleção em ovinos (SARMENTO *et al.*, 2006; VARKOOHI; BANI-SAADAT; RAZZAGH-ZADEH, 2018). Os parâmetros genéticos são definidos pelos componentes de variância e dentre os principais evidenciam-se a herdabilidade e a correlação genética. Dessa forma, é importante a coleta de informações suficientes dos animais e de sua progênie, permitindo uma correta separação da variância genética (MANIATIS e POLLOTT, 2002).

2.4 Melhoramento genético de algumas características produtivas da raça Santa Inês

A ovinocultura vem crescendo a cada dia e ganhando cada vez mais espaço e popularidade no setor produtivo. Observa-se através das projeções que os rebanhos caprinos e ovinos continuam com a tendência de crescimento do efetivo do rebanho no país, como vem ocorrendo ao longo dos últimos oito anos.

Com a crescente popularidade da produção de carne na indústria ovina, geneticistas e criadores têm direcionado suas atenções para o melhoramento de características de crescimento e de produção de carne. Nesse sentido, o conhecimento das potencialidades e limitações das raças é importante, pois fornece orientação para programas de melhoramento genético e seleção (FERNANDES et al., 2017).

Uma das raças ovinas mais disseminadas no Nordeste brasileiro é a Santa Inês. Esta raça foi originada por meio de cruzamentos realizados entre as raças Morada Nova, Bergamácia e Crioula, tendo sua ausência de lã como característica marcante (AGUIRRE et al., 2017). Os ovinos da raça Santa Inês representam uma boa alternativa para melhorar a eficiência dos sistemas de produção de carne ovina (COSTA et al., 2006), pois possuem grande porte, sendo que as fêmeas podem atingir aproximadamente 60 kg e os machos até 120 kg. Suas pelagens podem variar entre o preto, vermelho e castanho, além de suas combinações (ARCO, 2020).

Em relação ao rendimento de carcaça e potencial para produção de carne, a raça Santa Inês ainda se encontra com menores índices em relação a outras raças ovinas criadas no Brasil, como Texel e Suffolk, que já passaram por longos processos de melhoramento genético (RAMOS et al., 2019).

Por outro lado, estes mesmos autores relatam que ovinos Santa Inês apresentam a conformação corporal de um animal rústico, que pode ser criado em ambientes com condições edafoclimáticas peculiares ao ambiente tropical.

A herdabilidade (h^2) é um parâmetro genético importante para determinar estratégias a serem usadas no melhoramento e quanto das características quantitativas de interesse econômico é atribuído aos efeitos de variação genética aditiva (RUALES; MANRIQUE; CERON, 2007).

A Tabela 5 apresenta algumas estimativas de h^2 relacionadas com as medidas corporais e com as características de carcaça que são de interesse econômico em ovinos. As estimativas de herdabilidade para as medidas corporais variam de baixa a moderada magnitude em ovinos Iranian Makuei (VARKOOHI; BANI-SAADAT; RAZZAGH-ZADEH, 2018).

No trabalho supracitado, os autores utilizaram medidas corporais em três diferentes idades (6-12-18 meses), utilizando análises multivariadas. Eles observaram valores de herdabilidade para PV, AC, AG, e CC aos 6 meses (0,49; 0,46; 0,48; e 0,45) respectivamente; aos 12 meses (0,34; 0,23; 0,25; 0,20); e aos 18 meses de idade (0,65; 0,37; 0,48; e 0,32). A diferença das estimativas

de herdabilidade nas diferentes idades é porque o maior valor da variância ambiental foram aos 12 meses de idade.

Para área de olho de lombo (AOL), SENA et al. (2016) encontraram herdabilidade igual a 0,20 em ovinos, utilizando análises uni e bi característica. AOL é importante dentro da seleção genética porque gera informações e correlações com a musculosidade do animal.

Tabela 5 Herdabilidade das diferentes medidas corporais e carcaça em ovinos.

Raça	Característica	h^2	Método	Referência
Merino	POL	0,23	REML	Mortimer et al. (2010)
	AOL	0,30		
	AOL	0,20		
Santa Inês	POL	0,26	REML	Sena et al.(2016)
	COL	0,29		
	PV	0,19		
Santa Inês	PV	0,25	BAYESIANO	Oliveira et al. (2021)
	CC	0,22		
	AC	0,24		
	AG	0,25		

POL: Profundidade de olho de lombo; **AOL:** Área de olho de lombo; **COL;** Comprimento de olho de lombo; **PV:** peso vivo; **CC:** comprimento corporal; **AC:** Altura da cernelha; **AG:** Altura da garupa.

A correlação genética prediz e quantifica o grau de associação entre duas características a serem melhoradas, com base na contribuição comum dos mesmos genes. (GALEANO; MANRIQUE,2010).

De modo geral, o processo de seleção da raça Santa Inês realizado por grande parte dos produtores tem sido priorizado com base no maior tamanho corporal à idade adulta, como uma característica de interesse econômico. Contudo, é importante que seja buscado no processo de seleção a obtenção de um tamanho corporal adequado para que os requerimentos nutricionais dos animais sejam atendidos (TEIXEIRA NETO et al., 2016). Além disso, é importante verificar a relação genética entre tamanho corporal e desenvolvimento de carcaça, para elaborar estratégias visando o melhoramento genético simultâneo desses aspectos produtivos da raça Santa Inês.

Em relação ao melhoramento genético de carcaça, alguns trabalhos mostraram que medidas do olho de lombo (músculo *Longissimus dorsi*) apresentam variabilidade genética suficiente para serem utilizadas na seleção para melhoria de carcaça nos animais da raça Santa Inês (SENA et al., 2016; FIGUEIREDO FILHO et al., 2017). De modo geral, os ovinos desta raça ainda necessitam de rigoroso processo de seleção a fim de atingirem maiores taxas de crescimento, carcaças de melhor qualidade e maior rendimento.

2.5 Características de carcaça obtidas com uso de aparelho ultrassonográfico

Uma metodologia promissora e que tem sido utilizada há décadas para avaliação de carcaça ovina *in vivo* é a ultrassonografia. O objetivo desta técnica para avaliação de carcaça é a obtenção de informações de maneira precoce e com baixo custo, que permitem fazer avaliações *in vivo* da composição corporal do animal, visando à padronização de lotes com carcaças uniformes para melhor atender determinados mercados (TAROUÇO, 2004).

Características mesuradas no animal vivo, tais como o peso corporal e altura da garupa utilizadas junto com as medidas obtidas por ultrassom, como as dimensões do olho de lombo (área, profundidade e comprimento) e espessura de gordura subcutânea, têm sido utilizadas com o objetivo de prever a composição corporal de ovinos *in vivo* e no melhoramento genético da qualidade da carcaça (DAETWYLER et al., 2010; BRITO et al., 2017a; MORTIMER et al., 2017; MASSENDER et al., 2019, SENA et al., 2020). No entanto, seu uso pode ser limitado por especificidades da raça, pequenas quantidades de tecido e o uso de medições não realizadas rotineiramente.

Os pontos mais comumente utilizados para mensuração de carcaça *in vivo* com uso de ultrassom em ovinos situam-se entre a 12^a e 13^a costelas (TEIXEIRA, 2006; BOATENG; NASIRU, 2019). Nessa região anatômica são realizadas algumas medidas como área, comprimento e

profundidade de olho de lombo, em uma secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* frequentemente utilizada como indicadora de musculosidade dos animais. Uma das medidas mais comumente coletadas por ultrassonografia no músculo *Longissimus dorsi* é a profundidade do músculo, pois esta é um bom indicador de musculosidade do animal, apresenta maior facilidade de mensuração e, conseqüentemente, é mensurada de forma mais acurada (SAFARI; FOGARTI; GILMOUR, 2005).

A profundidade do músculo *Longissimus dorsi* pode predizer a quantidade de músculo da carcaça. Portanto, valores menores de área de olho de lombo ou de profundidade máxima do músculo *Longissimus dorsi* podem indicar proporções menores de músculo na carcaça (HASHIMOTO et al., 2007).

A classificação de carcaças tem como objetivo estabelecer padrões para o mercado de carne, permitindo o equilíbrio entre a oferta e a demanda, oferecendo ao consumidor diferentes categorias. Diferentes países adotam o critério conformação em seus sistemas de avaliação de carcaças devido às expectativas de aumento nas porcentagens de cortes de alta qualidade, incremento na espessura dos músculos e melhor impressão que a carcaça bem conformada causa ao consumidor (SILVA et al., 2008). A qualidade da carne ovina depende de vários fatores intrínsecos e extrínsecos dos animais. Os fatores intrínsecos podem ser: raça, idade e sexo. Os fatores extrínsecos são: manejo; nutrição; e ambiente.

Para tornar a avaliação de carcaça um processo mais eficiente e acurado, várias tecnologias foram desenvolvidas, como a metodologia de análise pela tomografia computadorizada (CLELLAND et al., 2014), análise de vídeo imagem (GUPTA et al., 2013), ultrassonografia (ORMAN et al., 2008) e por *Scanning* eletromagnético (TOBEC) (HIGBIE et al., 2002). É importante mencionar que estimativas para uma mesma característica variam de acordo com a população avaliada, métodos estatísticos utilizados, métodos de coleta de fenótipos, entre outros fatores.

De acordo com ALVES et al. (2019), a avaliação antecipada das características de carcaça tem um papel fundamental no desempenho e gerenciamento dos sistemas de produção. Para prever as características desejáveis na composição da carcaça, a utilização de métodos estatísticos como as regressões lineares representam uma abordagem viável.

Com objetivo de predizer diferentes características da carcaça em ovinos Santa Inês, fazendo o uso de equações de regressões lineares múltiplas, MCMANUS et al. (2013), predisseram

o pernil (PER) = $-0,255 + 0,0799 \cdot PV$, com um coeficiente de determinação (R^2) = 0,65; e a área de olho de lombo medida na carcaça (AOLc) = $-11,838 + 0,186 \cdot CCA + 6,154 \cdot AOL_{Tus}$ (área de olho de lombo medida longitudinalmente via ultrassom), com um R^2 = 0,70. Portanto, essas medidas que foram avaliadas *in vivo* são bons preditores dessas características de carcaça, podendo ser usadas em programas de melhoramento genético, por serem de fácil mensuração e medidas precocemente na vida do animal. Por outro lado, Costa et al. (2020) utilizaram a seguinte equação para prever a área de olho de lombo: $AOL = 4,04(\pm 4,48) + 0,16(\pm 0,08)CC(\text{comprimento corporal}) + 1,45(\pm 0,41)SCC(\text{escore de condição corporal})$, com um R^2 = 0,35.

A ultrassonografia tem sido uma importante ferramenta na avaliação da composição de carcaça de ovinos em tempo real, com competência para coletar no animal vivo dados sobre a qualidade da carcaça e seu rendimento (EMENHEISER et al., 2010).

2.6 Seleção Genômica Ampla (GWS) em ovinos de corte

O melhoramento genético vem beneficiando a pecuária há décadas através do uso de técnicas que maximizam a produção e a qualidade do produto em todos os setores produtivos de bovinos, aves e suínos e também na caprino e ovinocultura (MCMANUS et al., 2011). Neste sentido, os programas de melhoramento genético de ovinos de corte vêm implementando uso de tecnologias para intensificar a seleção e atender aos diversos objetivos de produção e demandas do consumidor. Para atender à crescente demanda de carne ovina de qualidade no Brasil, são necessárias estratégias de seleção mais eficientes. No melhoramento genético clássico, a identificação dos genótipos superiores é realizada por meio de informações de pedigree e fenótipo, com uso da metodologia dos modelos mistos.

Desde a proposta de Meuwisen, Hayes e Goddard (2001), a técnica denominada de seleção genômica ampla ou apenas seleção genômica já proporcionou uma verdadeira revolução no melhoramento genético animal de diferentes espécies de interesse pecuário. Logicamente, as cadeias produtivas que têm sido mais beneficiadas são aquelas em que há maiores investimentos financeiros, como é o caso da bovinocultura de leite e de corte. Além disso, os maiores investimentos têm sido realizados em países desenvolvidos, onde também há maior concentração de pesquisas publicadas sobre seleção genômica na produção animal (MRODE et al., 2018).

No caso da ovinocultura, até o momento, apenas países como Austrália, Nova Zelândia e alguns países da Europa têm mostrado benefícios práticos com utilização de seleção genômica no

setor produtivo (PICKERING et al., 2013; RUPP et al., 2016). Um dos resultados mais notáveis do melhoramento genético na ovinocultura está na Nova Zelândia, onde a seleção genética resultou em aumento de 28% (+4,1 kg) de aumento no peso de carcaça, entre 1990 e 2012 (BRITO et al., 2017).

No caso de países em desenvolvimento, a seleção genômica na ovinocultura de corte tem sido aplicada praticamente apenas no âmbito da pesquisa e ainda é muito baixa ou inexistente a aplicação dessa metodologia no setor produtivo (MRODE et al., 2018). Isto é resultado, principalmente, do pouco investimento realizado na genotipagem de animais (RUPP et al., 2016), o que resulta na existência de populações de referência com tamanhos inviáveis para a prática eficiente da seleção genômica (SENA et al., 2020).

Entre os métodos mais utilizados na pesquisa e no setor produtivo para a execução da seleção genômica está o Melhor Estimador Linear Não-Viesado Genômico em Passo único (ssGBLUP), popularmente conhecido como *Single-step* (LEGARRA; AGUILAR; MISZTAL, 2009; MISZTAL, 2020). Este método possibilita a estimação do mérito genético de todos os indivíduos de uma população, até mesmo se houver quantidade relativamente pequena de animais genotipados (LEGARRA et al., 2014). Vários trabalhos com ovinos demonstram superioridade na acurácia de predição do mérito genético com uso do método *Single-step* em relação a outros métodos tradicionais ou que incluam dados genômicos (AGUILAR et al., 2010; CHRISTENSEN et al., 2012; LEGARRA et al., 2014; SENA et al., 2020).

3. REFERÊNCIAS

ABBASI, M; GHAFOURI, F. Genetic (Co) variance Components for Body Weight and Body Measurements in Makoei Sheep. **Animal Science**, vol. 24, no. 6, p. 739–743, 2011. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10277>.

AFOLAYAN, R; ADEYINKA, I ; LAKPINI, C . The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. **Animal Science**, vol. 2006, no. 8, p. 343–348, 2006.

AGNE,C; PORTO, A; CAVALHEIRO, M. Perfil Dos Consumidores De Carne Ovina No Município De Cachoeira Do Sul – Rs, **Brasil. Revista Grifos**. [S. l.: s. n.], 2021. vol. 30, p. 72–93. <https://doi.org/10.22295/grifos.v30i53.5627>.

AGUILAR, I. et al. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. **Jornal Dairy Science**. 93, 743-752. 2010. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>.

AGUIRRE, E. et al. Genetic Parameters and Genetic Trends for Reproductive Traits of Santa Ines Sheep Kept in Extensive Environments in Brazil. **Journal of Animal Sciences and Livestock Production**, vol. 01, no. 02, p. 1–7, 2017. <https://doi.org/10.21767/2577-0594.100009>

ALDERSON, G. The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. **Animal Genetic Resources Information**, vol. 25, no. 45, p. 45–55, 1999. <https://doi.org/10.1017/s1014233900005782>.

ALVES, A. et al. Multiple regression and machine learning based methods for carcass traits and saleable meat cuts pre. **Small Ruminant Research**, [S.L.], v. 171, p. 49-56, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.008>.

ANDRADE, M. et al. Validation of tools for the management of goat and sheep herds in the Pernambuco hinterland. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, vol. 14, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8645>.

ANDRADE, J. et al. Understanding consumers' perception of lamb meat using free word association. **Meat Science**, vol. 117, p. 68–74, 2016. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.02.039. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.039>.

ARCOS, D. et al. Udder measurements and their relationship with milk yield in pelibuey ewes. **Animals**, vol. 10, no. 3, p. 1–9, 2020. https://www.mdpi.com/2076-2615/10/3/518#framed_div_cited_count.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS – ARCO, 2021. Padrões raciais. Disponível em: <http://www.arcoovinos.com.br/index.php/mnsrgo/mn-padroesraciais/40-santa-ines/> Acesso em: 25 de julho de 2022.

BAUTISTA, E. et al. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. **Animals**, vol. 10, no. 8, p. 1–14, 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7459708/>.

BAUTISTA, E; et al. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. **Small Ruminant Research**, vol. 147, p. 115–119, 2017. DOI 10.1016/j.smallrumres.2016.12.037. Available at: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921448816303881?via%3Dihub>.

BERNABÉU, R. et al. Influence of quality labels on the formation of preferences of lamb meat consumers. A Spanish case study. **Meat science**, v. 135, 129-133, 2018.

BIF, Beef Improvement. Uniform guidelines for beef improvement programs. Beef Improvement Federation. 8th edition. Athens, GA, 2002

BIRTEEB, P.; PETERS, S.; OZOJE, M. Analysis of the body structure of Djallonke sheep using a multideterminant approach. **Animal Genetic**, vol. 54, p. 65–72, 2014. <https://doi.org/10.1017/s2078633614000125>.

BOATENG, E; NASIRU, M. Applications of Ultrasound in Meat Processing Technology: A Review. **Food Science and Technology**, p. 11–15, 2019.

BRINKS, J. et al. Estimates of genetic environmental and phenotypic parameters in range herford females 1. **Animal Science**, p. 711–716, 1964.

BRITO, L. et al. Prediction of genomic breeding values for growth, carcass and meat quality traits in a multi-breed sheep population using a HD SNP chip. **BMC Genet.** 18, 7. 2017.

CARNEIRO, P. et al. Estudo de populações de ovinos Santa Inês utilizando técnicas de análise multivariada. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 1, p. 40-50, 2006.

CHRISTENSEN, O.F., LUND, M.S. Genomic prediction when some animals are not genotyped. **Genet. Sel. Evol.** 42, 2. 2010. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-42-2>.

CLELLAND, N., et al. Prediction of intramuscular fat levels in Texel lamb loins using X-ray computed tomography scanning. **Meat Science**, 98, 263-271. 2014.

COMEX. Comércio Exterior. 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

CONSTANTINO, C. et al. Comportamento de consumidores de carne de Cordeiro na região norte do Paraná. **Pubvet**, v. 12, n. 1, p. 1–7, 2018.

COSTA, G. et al. Caracterização morfométrica de ovinos da raça Santa Inês criados nas microrregiões de Teresina e Campo Maior, Piauí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2260-2267, 2006.

COSTA, R. et al. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 49, p. 1-11, 2020.. <http://dx.doi.org/10.37496/rbz4920190179>.

DAETWYLER, H. et al. Accuracy of estimated genomic breeding values for wool and meat traits in a multi-breed sheep population. **Animal Production Science**, v.50, p.1004-1010, 2010.

DHUYVETTER, J. Beef Cattle Frame Scores. no. May, 1995. DOI 10.1016/j.smallrumres.2019.01.011.

EMENHEISER, J. et al. Validation of live animal ultrasonic measurements of body composition in market lambs. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2932-2939, 2010.

ESTEVES, G. et al. Concepta. Carcass and cut traits in nulliparous and lambed female sheep of different ages and genetic groups. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, vol. 40, p. 1–7, 2018. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.34863>.

ESTURRARI, E. Oferta e demanda do mercado de ovinos de corte: um panorama nacional de perspectivas, Tendências Paraná., e oportunidades. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2017.

FAO. **Production - Crops and livestock products**. 2019.

FAO, Meat Price. **Meat Market Review FAO**. no. December, 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. no June, 2022. Available at: <http://www.fao.org/docrep/013/al969e/al969e00.pdf>.

FERNANDES, A. et al. Características qualitativas da carcaça e da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dietas contendo soja grão ou gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p.1822-1829, 2017.

FIGUEIREDO FILHO, L. et al. Estimate of genetic parameters for carcass traits and visual scores in meat sheep using Bayesian inference via threshold and linear models. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1-6, 2017.

FIRETTI, R. et al. Identificação de Demanda e Preferências no Consumo de Carne Ovina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, p. 679–692, 2017.

FITZHUGH JR, H. A.; TAYLOR, St CS. Genetic analysis of degree of maturity. *Journal of Animal Science*, v. 33, n. 4, p. 717-725, 1971.

GALEANO,P.; MANRIQUE, C. Estimación de parámetros genéticos para características productivas y reproductivas en los sistemas doble propósito del trópico bajo colombiano. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, v. 57, n. 2, p. 119-131, 2010.

GOMES, M. et al. Prediction of carcass composition through measurements in vivo and measurements of the carcass of growing Santa Inês sheep. **Plos One**, vol. 16, no. 3 March 2021, p. 1–17, 2021. DOI 10.1371/journal.pone.0247950.

GUPTA, S. et al. Recent trends in carcass evaluation techniques-a review. **Journal of Meat Science and Technology**, 1, 50-55. 2013.

HEJAZI, M. et al. The decline of U.S. export competitiveness in the Chinese meat import market. *Agribusiness*, vol. 35, no. 1, p. 114–126, 2019. <https://doi.org/10.1002/agr.21588>.

HIGBIE, A. et al. Prediction of swine carcass composition by total body electrical conductivity (TOBEC). **Journal of Animal Science**, 80, 113-122. 2002.

HORIMOTO, A. et al. Estimation of genetic parameters for a new model for defining body structure scores (frame scores). **Genetics And Molecular Research**, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 828-836, 12 dez. 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>.

JUCÁ, A. et al. Effects of birth type and family on the variation of carcass and meat traits in Santa Ines sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 2, p. 435-443, 2016.

JUNIOR, F .et al. Subcutaneous fat thickness at slaughter in castrated and non-castrated Santa Inês and Dorper lambs and its influence on meat and carcass quality. **Livestock Science**, vol. 253, p. 1-7, 2021. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104694>.

LEGARRA A., AGUILAR I., MISZTAL I. A relationship matrix including full pedigree and genomic information. **J. Dairy Sci.** 92, 4656-4663. 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2061>.

LEGARRA, A. et al. Single Step, a general approach for genomic selection. **Livestock Science**, v. 166, p. 54-65, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.029>

LEMES, J. et al. Carcass and meat characteristics from corriedale lambs grazing two heights of pearl millet. **Archivos de Zootecnia**, vol. 63, no. 241, p. 161–170, 2014. <https://doi.org/10.4321/s0004-05922014000100016>.

MAHMUD, M.et al. Live body weight estimation using cannon bone length and other body linear measurements in Nigerian breeds of sheep. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, vol. 1, no. 4, p. 169–176, 2014. Available at: <https://www.banglajol.info/index.php/JAVAR/article/view/20729>.

MAINO, J; LINTON, A.; BRINKS, J. Postweaning growth and carcass characteristics of various frame size steers on forage systems. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 2, p. 232-240, 1981.

MANIATIS, N; POLLOTT, G . Genotype by environment interactions in lamb weight and carcass composition traits. , p. 3–14, 2002.

MAPA. Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro (AgroStat). 2020. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>.

MASSENDER, E., et al. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter endpoints in crossbred heavy lambs. **Journal of Animal Science**, v.97, p.521-535, 2019.

MATZEMBACHER, D.et al . Brazilian sheep meat supply chain : proposition of marketing strategies to value creation and to increase sectoral competitiveness. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, vol. 17, p. 137–150, 2021.

MCKIERNAN, W. Frame scoring of beef cattle. NSW Department of Primary Industries Primefact A2.3.4, 2nd edition. 2005.

MCMANUS, C. et al. Avaliação ultrassonográfica da qualidade de carcaça de ovinos Santa Inês. **Ciência Animal Brasileira**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 8-16, 27 mar. 2013. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v14i1.12336>.

MCMANUS, C.; PAIVA, S.R.; ARAÚJO, R.O. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 236- 246 (supl. especial), 2011.

MEAT & LIVESTOCK AUSTRALIA, MLA. Sheep assessment manual. Meat & Livestock Australia | **Market Information Services**, no. January, p. 19, 2017.

MERCADANTE, M et al. Repetibilidade da mensuração de imagens das características de carcaça obtidas por ultrassonografia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 752-757, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000400008>.

MEUWISSEN, T. Genomic selection: the future of marker-assisted selection and animal breeding. p. 1-6, 2003.

MEUWISSEN, T.; HAYES, B.; GODDARD M. Prediction of total genetic values using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, vol. 157, p. 1819–1829, 2001.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Importancia del frame o tamaño en ganado de carne de Magallanes. **INIA Kampenaike**. 2018. v. 81. p. 1–7.

MISZTAL, I. et al. Current status of genomic evaluation. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 4, p. 1-14, 2020. <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skaa101>.

MONTOSSI, F. et al. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. **Meat Science**, vol. 95, no. 4, p. 772–789, 2013. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.048>.

MORRIS, S. T. Economics of sheep production. **Small Ruminant Research**, vol. 86, no. 1–3, p. 59–62, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.019>.

MORTIMER, S.I., et al. Genetic parameters for wool traits, live weight, and ultrasound carcass traits in Merino sheep. **Journal of Animal Science**, v.95, p.1879-1891, 2017.

MOTA, L. et al. Estrutura corporal (Frame Size) e influencias no desempenho produtivo de bovinos de corte. **Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n°1,p,1-19, 2014.

MRODE, R., et al. Invited review: Genomic selection for small ruminants in developed countries: how applicable for the rest of the world. **Animal**, v.12, n.7, p.1333-1340, 2018.

NEGREIROS, M. et al. Selection criteria for frame score and its association with growth, reproductive, feed efficiency and carcass-related traits in Nellore cattle. **Animal Production Science**.2022

NSOSO, S. et al. Body weight, body condition score and heart girth in indigenous Tswana goats during the dry and wet seasons in southeast Botswana. **Livestock Research for Rural Development**, v. 15, n. 4, p. 27-34, 2003.

OECD/FAO. Meat consumption. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb5332en/Meat.pdf>. Acesso

OLIVEIRA, E. et al. Genetic parameters for body weight and morphometric traits in Santa Ines sheep using Bayesian inference. **Small Ruminant Research**, vol. 201, p.1-5. May, 2021. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448821001231>.

OLIVEIRA, F et al. Quality of meat from Santa Ines sheep with different biotypes and slaughtering weights. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.L.], v. 21, p. 1-13, 10 out. 2020. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-994020210732020>.

ORMAN, A., et al. The assessment of carcass composition of Awassi male lambs by real-time ultrasound at two different live weights. **Meat Science**, 80, 1031- 1036. 2008.

ÖZEN, Doğukan et al. A recursive path model for estimation of the live weight using some body measurements in Awassi sheep. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 66, n. 3, p. 303-310, 2019. <https://doi.org/10.33988/auvfd.512959>.

PAULA, C. et al. Identificação do perfil do consumidor da carne ovina na região sudeste por meio de questionário online. **Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis**, vol. 25, no. 2, p. 21–32, 2021. <https://doi.org/10.17648/2236-7608-v25n2-12089>.

PESSOA, R. et al. A percepção do consumidor de carne ovina e caprina no município de Olho d'Água. **PB.Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1–6, 2018.

PICKERING, N.K., et al. The impact of genomic selection on genetic gain in the New Zealand sheep dual purpose selection index. **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v.20, p.175-178, 2013.

POLIC, et al. Management Strategies for Lamb Production on Pasture-Based Systems in Subtropical Regions: A Review. **Frontiers in Veterinary Science**, vol. 7, no. September, p. 1–9, 2020. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00543>.

POURRAIN, A. Tamaño, estructura corporal en vacunos o "frame" **Sitio Argentino de Producción Animal**. Disponível em: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/10-frame.pdf. Acesso

PRYCE, J.; HAYES, B; GODDARD, M. Novel strategies to minimize progeny in breeding while maximizing genetic gain using genomic information. **Journal of Dairy Science**, vol. 95, p. 377–388, 2012.

RAINERI, C; SANTOS, F; GAMEIRO, A. Ovinocultura de corte no Brasil: balanço de 2013 e perspectivas para 2014. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, vol. 12, no. 3, p. 12–17, 2015. <https://doi.org/10.36440/recmvz.v12i3.24623>.

RAMOS, I.O., et al. Body conformation of Santa Inês, Texel and Suffolk ewes raised in the Brazilian Pantanal. **Small Ruminant Research**, v.172, p.42–47, 2019.

ROMDHANI, S Bedhiaf; DJEMALI, M. Estimation of sheep carcass traits by ultrasound technology. vol. 101, p. 294–299, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.013>.

RUALES,F.;MANRIQUE,C.;CERON.F.M; **Fundamentos en mejoramiento animal**: Vieco,2007.

RUPP, R., et al. Genomic application in sheep and goat breeding. **Animal Frontiers**, v. 6, n. 1, p. 39-44, 2016.

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, p.271-289, 2005.

SAINZ ,et al. University of California Davis, 2 Universidade Federal de Goias, 3 Embrapa Cerrados, 4 Cobb-Vantress. vol. 98, p. 98, 2020.

SAINZ, R., et al. Frame: Importância para a seleção de animais eficazes. In: **Seminário Nacional de Criadores e Pesquisadores**, 24., 2018, Brasil. Seminario. Goias: Ancp, 2018. p. 1-33.

SALAKO, A. E. Application of morphological indices in the assessment of type and function in sheep. **International Journal of Morphology**, vol. 24, no. 1, p. 13–18, 2006. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022006000100003>.

SAMUEL FAJEMILEHIN, O. K.; SALAKO, A. E. Body measurement characteristics of the West African Dwarf (WAD) Goat in deciduous forest zone of Southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, vol. 7, no. 14, p. 2521–2526, 2008. Available at: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59069>.

SARMENTO, J.et al . Estimacão de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos uni e multicaracterísticas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 58, no. 4, p. 581–589, 2006. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352006000400021>.

SENA, L.et al . Genetic evaluation of tropical climate-adapted sheep for carcass traits including genomic information. **Small Ruminant Research**, vol. 188, no. April, p. 106120, 2020. DOI 10.1016/j.smallrumres.2020.106120. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106120>.

SENA, L.et al. Parâmetros genéticos para características de carcaça e tamanho corporal em ovinos de corte Resumo. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 37, p. 22477–2485, 2016. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2477>

ŞENTÜRKLÜ, S.et al. Frame score, grazing and delayed feedlot entry effect on performance and economics of beef steers from small-and large-framed cows in an integrated crop-livestock system. **Animals**, vol. 11, no. 11, p. 1–17, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11113270>.

SILVA SOBRINHO, A. et al. Produção de carne ovina. Editora: Jaboticabal/SP. 228p. 2008

SOUZA ,J.et al. Effect of frame size on performance and carcass traits of Santa Inês lambs finished in a feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 42, no. 4, p. 284–290, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000400008>.

TAROUCO, J. História do ultra-som no Brasil. In: 1º **Workshop de ultrasonografia para avaliação de carcaça bovina**. Pirassununga – SP. 2004

TATUM, J. D.; DEWALT, M. S.; LEVALLEY, S. B.; SAVELL, J. W.; WILLIAMS, F. L. Relationship of Feeder Lamb Frame Size to Feedlot Gain and Carcass Yield and Quality Grades. **Journal of Animal Science**, vol. 76, no. 2, p. 435–440, 1998. <https://doi.org/10.2527/1998.762435x>.

TATUM, J; WILLIAMS, F; BOWLING, R. Effects of Feeder-Cattle Frame Size and Muscle Thickness on Subsequent Growth and Carcass Development. III. Partitioning of Separable Carcass Fat2. **Journal of Animal Science**, vol. 62, no. 1, p. 132–138, 1986. <https://doi.org/10.2527/jas1986.621132x>.

TAYLOR, G. et al. Effect of heifer frame size on their subsequent reproductive performance and preweaning performance of their calves. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, vol. 48, no. 7, p. 945–949, 2008. <https://doi.org/10.1071/EA08060>.

TEIXEIRA NETO, M. et al. Evolução da biometria corporal de ovinos da raça Santa Inês. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n.2, p.170–180, 2016.

TEIXEIRA, N. et al. Parâmetros populacionais da raça ovina Santa Inês no Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, vol. 48, no. 12, p. 1589–1595, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200008>.

TORRES, J.et al. Parâmetros genéticos y fenotípicos para peso al año, circunferencia escrotal y talla en ganado Simmental y Simbrahen México. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, [s. l], v. 3, n. 3, p. 291-298, 13 fev. 2012.

VANIMISSETTI, H B; NOTTER, D R; KUEHN, L A. Genetic (co) variance components for ewe productivity traits in Katahdin sheep 1. , p. 60–68, 2007. DOI 10.2527/jas.2006-248. Available at: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-248>.

VARGAS, C. et al. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, vol. 77, no. 12, p. 3140–3149, 1999. <https://doi.org/10.2527/1999.77123140x>.

VARKOOHI, S; BANI-SAADAT, H.; RAZZAGH-ZADEH, S. Estimation of genetic parameters for growth and body measurement traits in different ages in Iranian Makuei Sheep. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, vol. 8, no. 1, p. 77–82, 2018.

VIANA, J.; MORAES, M.; DORNELES, J. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 2223–2234, 2015.

YILMAZ, O; CEMAL, I; KARACA, O. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. **Tropical Animal Health and Production**, vol. 45, no. 1, p. 397–403, 2012. DOI 10.1007/s11250-012-0229-7.

YOSTAR, E.; CAPELLARI, A. ; HAYNES, A. Relación altura/edad (frame score) en terneros Brahman del norte argentino. **Introducción a la Producción Animal**, vol. 1, no. 22, p. 55–59, 2011.

ZHANG, A.L. et al. Algorithm of sheep body dimension measurement and its applications based on image analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.153, p.33–45, 2018.

CAPÍTULO I

***Frame Size* em ovinos Santa Inês e sua relação com características de carcaça**

***Frame Size* em ovinos Santa Inês e sua relação com características de carcaça**

Sandra Isabel Castañeda Caguana^a*, José Lindenberg Rocha Sarmento^b

^aPrograma de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

^bDepartamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

*Autor correspondente.

Endereços de e-mail: SICC sandraisabel0709@gmail.com; JLRS sarmento@ufpi.edu.br

Destaques

- Escores de *Frame size* em ovinos da raça Santa Inês tem relação com características de carcaça.
- A inclusão das categorias de escores de *Frame size* fornece aos criadores de ovinos uma ferramenta mais para a toma de decisões no gerenciamento dos rebanhos.

RESUMO

Objetivou-se com este estudo propor um modelo para estimar os escores de *Frame size* (FS) em ovinos da raça Santa Inês, que corresponda às práticas de manejo comumente utilizadas em sistemas de produção no Estado do Piauí. Foram analisadas 708 informações de fenótipos agrupados em três classes de idade adulta (ID) e três intervalos de altura da garupa (AG) à idade adulta, formando 9 classes (idade-altura) com diferentes categorias. A partir das categorias de FS foi desenvolvido um modelo de regressão múltipla para estimar os escores de *Frame Size*, categorizados de 1 a 4 como pequeno (P), 5-6 médio (M) e 7 a 9 grande (G). Foram avaliadas as seguintes características de carcaça: área de olho de lombo (AOL), espessura da gordura subcutânea (EGS), profundidade do olho de lombo (POL) e perímetro da perna (PP), as quais foram ajustadas a 30 kg de peso vivo, denominadas AOL30, EGS30, POL30 e PP30. A influência do FS sobre as características em estudo foi avaliada e comparada pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), usando o software R versão 4.2. Os resultados mostraram influência significativa ($p < 0,05$) do *Frame size* sobre as características de carcaça ajustadas. As categorias de *Frame size* P

apresentaram os maiores valores de AOL30, POL30, EGS30 e PP30. As correlações de Pearson estimadas entre o *Frame Size* e as características de carcaça ajustadas para 30 kg foram de baixa magnitude e negativas. Animais das categorias de *Frame size* G não apresentaram melhores características de carcaça, o que só foi possível visualizar com as medidas ajustadas com um peso padrão de 30 Kg.

Palavras-chave: altura da garupa, área de olho de lombo, peso vivo, profundidade de olho de lombo, ovinos de corte.

Frame size in Santa Ines sheep breed and its relationship with carcass traits

ABSTRACT

This study aims to propose a model to estimate the frame size (FS) scores in Santa Ines sheep, corresponding to the most common handle practices in production systems in the Piauí state (Brazil). There were analyzed 708 phenotypes grouped into three classes of adult age (AA) and three intervals of rump height (RH) in adult age, making nine classes (age-height) with different categories. Based on those categories, it was developed a multiple regression model to estimate the frame size scores, classified as 1-2-3-4 as small (S), 5-6 medium (M), and 7-8-9 large (L). There was assessed the following carcass characteristics: loin eye area (LEA), subcutaneous fat thickness (SFT), loin eye depth (LED), leg perimeter (LP), same ones adjusted to 30 kg of live weight, denominated LEA30, SFT30, LED30 e LP30. The influence of frame score on the study variables was assessed and compared via the Student-Neuman-Keuls test (SNK) using the R software version 4.1. The results showed a significative influence ($p < 0,05$) of the frame size on the adjusted carcass characteristics. The S frame size categories obtained bigger LEA30, LED30, SFT30, and LP30. The Pearson correlations among the frame size and the adjusted carcass characteristics for 30 kg were of low magnitude and negative. The L frame size categories showed better carcass characteristics, which was only possible to visualize with the adjusted measurements with a pattern weight.

Keywords: Rump height, loin eye area, loin eye depth, live weight, sheep meat.

1. Introdução

A ovinocultura é uma atividade pecuária importante na economia de subsistência de diferentes países (HEJAZI *et al.*, 2019). No Brasil, essa atividade vem crescendo e ocupando um lugar de destaque no agronegócio, principalmente na região Nordeste, com uso de raças com boa adaptabilidade para o clima tropical do país (RAINERI; SANTOS; GAMEIRO, 2015; ANDRADE *et al.*, 2021).

Entre as raças ovinas com boa adaptabilidade ao clima tropical, a Santa Inês é valorizada por sua rusticidade, habilidade materna e grande potencial para a produção de carne. Por esse motivo, é importante conhecer os processos e fatores que influenciam os sistemas de produção e rendimento de carcaça (OLIVEIRA *et al.*, 2018). A carcaça (parte comestível dos animais de produção) é o elemento mais importante e rentável do animal (GERALDO *et al.*, 2017). Esse componente é resultado de processos biológicos que sofrem interferência de fatores genéticos e ambientais, por isso é necessário identificar e comparar as diferenças entre características de carcaça dos diferentes animais existentes no rebanho, apontando os indivíduos superiores.

Neste sentido, o peso corporal pode ser um bom indicador do rendimento de carcaça (TEIXEIRA NETO *et al.*, 2012; LEMES *et al.*, 2014). O tamanho corporal está diretamente correlacionado com a taxa de crescimento (POSBERGH; HUSON, 2020), e a estrutura corporal, também denominada *Frame size* (FS), está relacionada aos pesos ao abate, ou seja, animais que apresentam o mesmo FS indicam o mesmo grau de acabamento de carcaça, sendo uma medida útil na avaliação do potencial do animal para a produção de carne magra e gordura relacionado diretamente com a produtividade do animal (MOTA *et al.*, 2015). Em bovinos, o FS é utilizado como um critério para selecionar animais que produzirão carcaças com diferenças de pesos e qualidade de acabamento, pois representa uma relação entre crescimento, composição corporal, reprodução e tamanho adulto, de forma simples e prática (SAINZ *et al.*, 2020).

O FS é uma relação numérica determinada pela altura da garupa, que é de fácil mensuração e pouco susceptível às variações do meio ambiente em uma determinada idade (VARGAS *et al.*, 1999). Essa medida é importante dentro do melhoramento genético e manejo nutricional dentro do rebanho, pois alguns estudos mostram que animais de *frame* grande precisam de mais forragem por unidade de kg por animal. Por outro lado, em animais com *frame* pequeno, a variável que influencia o tamanho à maturidade é a ingestão dos alimentos, existindo uma alta correlação genética entre as diferenças de tamanho de cada indivíduo em qualquer idade com o tamanho em outras idades

(BRINKS *et al.*, 1964; FITZIHUOHI, 1971; ŞENTÜRKLÜ *et al.*, 2021). Enquanto isso, existe uma correlação canônica alta entre a altura da garupa e o frame ($r= 0,96$) e para o perímetro torácico. Entretanto, as correlações fenotípicas entre as medidas do corpo (comprimento, perímetro e largura) e FS são baixas, variando de 0,09 a 0,48 (MAINO; LINTON; BRINKS, 1981; TATUM; WILLIAMS; BOWLING, 1986)

A seleção de ovinos com base na taxa de crescimento pode levar a um aumento de tamanho corporal não desejado dentro dos sistemas de produção (TAYLOR *et al.*, 1980) e do peso à maturidade dos animais, alterando sua composição corporal (BORG *et al.*, 2009). Isso pode ter impacto negativo na produção, pois animais de maior FS apresentam atraso no início da maturidade e menor acúmulo de gordura, com maiores exigências de manutenção e altos custos de produção (LUCHIARI FILHO, 2000; PERRY; CUSHMAN, 2013). Por outro lado, animais com menor FS atingem o acúmulo de gordura com menor peso vivo e menos tempo de pastoreio (PEREIRA *et al.*, 2017; BIF.,2021).

Ainda são escassos os trabalhos que incluem *Frame size* na relação das características de carcaça e como um indicador eficiente nos sistemas de produção ovina, principalmente em ovinos de raça Santa Inês. Deste modo, as condições nutricionais e ambientais do consumidor irão ditar um FS mais adequado para potencializar a produção e orientar a seleção de animais. Com base no levantamento da literatura localizada e analisada para este trabalho, poderia se dizer que são poucos os trabalhos que determinaram e avaliaram o FS na ovinocultura de corte e sua relação com características de carcaça.

Com esta pesquisa, objetivou-se propor uma equação para o FS desenvolvida para ovinos com uso de altura da garupa e a idade adulta, para ser utilizada como uma ferramenta auxiliar para melhorar as decisões de acasalamentos dentro de diferentes sistemas de produção e comparar a composição da carcaça de ovinos adultos da raça Santa Inês com distintas categorias de FS.

2. Material e métodos

Os dados utilizados no estudo pertencem ao projeto “*Estudo Genômico Aplicado ao Melhoramento Genético de Ovinos Santa Inês para Características de Carcaça, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí (CEUA/UFPI) sob nº*

340/17, que integra o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA) do CNPq, coordenado pela Universidade Federal de Viçosa.

2.1 População amostrada

Foram utilizadas informações de ovinos puros de origem da raça Santa Inês, pertencentes a fazendas localizadas na sub-região Meio-Norte (Estados do Piauí e Maranhão) do Brasil, e registrados pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO) e/ou pertencentes ao Núcleo de Conservação de Caprinos e Ovinos da Embrapa Meio-Norte, cidade de Campo Maior, Estado do Piauí).

2.2 Dados fenotípicos

Dos animais em estudo, 708 tinham registros à idade adulta (ID), com seu devido registro de *pedigree*. A medida altura de garupa (AG) foi obtida desde o solo até a tuberosidade sacral do ílio do animal com o uso de fita métrica graduada em centímetros (cm). As características de carcaça área de olho de lombo (AOL), profundidade de olho de lombo (POL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) foram mensuradas com uso de um aparelho de ultrassom equipado com transdutor linear de 3,5 MHz, com base em imagens concentradas no corte transversal (em cm) do músculo *Longissimus dorsi* (entre a 12^a e 13^a vértebras lombares). O perímetro da perna (PP) foi medido com fita métrica (em cm) na parte intermediária entre os ossos do jarrete (tarso) e ísquio, próximo à parte distal do fêmur (região tibiofemural), na perna direita do animal. O peso vivo (PV) foi mensurado no mesmo momento que as demais medidas foram tomadas com auxílio de balança.

Como as características de carcaça variam em função do peso vivo, foi realizado ajuste para um peso padrão de 30 kg. Para isso, cada característica (AOL, EGS, POL e PP) foi dividida pelo peso vivo e multiplicada por 30 kg, o que resultou, respectivamente, nas características ajustadas para 30 kg de peso vivo AOL30, EGS30, POL30 e PP30.

2.3 Escores de Frame observados (FO)

Os 708 animais foram agrupados em três classes de idade adulta (ID), em que a amplitude da variável apresentou como 1º quartil animais com ID de 1 a 1,8 anos; 2º quartil de 2,3 a 4 anos; e 3º quartil de 4,4 a 14 anos; e três classes de altura da garupa (AG) com base na amplitude da

variável, o que resultou na formação de nove classes idade-altura da garupa (Tabela 1), adaptando a metodologia de Horimoto *et al.* (2006) para a estimação de escores de *Frame size*.

Tabela 1 Atribuição do *Frame size* observado (FSO) em ovinos da raça Santa Inês a partir da combinação da idade (ID) e altura da garupa (AG).

ID	AG		
	61 - ≤ 71	> 71 - ≤ 81	> 81 - ≤ 92
1 - 2	1	4	7
2 - 4	2	5	8
4 - 14	3	6	9

ID: Idade Adulta; AG: Altura da Garupa a Idade Adulta.

As atribuições para os escores do *Frame size* observados (FSO) em ovinos foram aumentando dentro da classe de idade (ID), conforme a variação na altura da garupa (AG). Essas atribuições foram estabelecidas porque AG possui alta correlação com o *Frame Size*.

2.4 Análises estatísticas

As variáveis ID, AG e suas interações foram incluídas em análises de regressão linear simples e múltiplas utilizando o software R (versão 4.2) para avaliar o melhor modelo de estimação dos escores do *Frame size* em função das medias de tamanho corporal estudadas.

A partir das variáveis independentes (ID e AG) pode haver variáveis que pouco influenciam o conjunto de variáveis dependentes (saída). Utilizou-se o método *Stepwise*, que é usado para selecionar quais variáveis mais influenciam o conjunto de saída podendo, assim, diminuir o número de variáveis a compor a equação de regressão.

O método é feito de forma iterativa, adicionando (passo *forward*) e removendo variáveis (passo *backward*), a partir de um critério de seleção. Neste trabalho, utilizou se a função *stepAIC* do pacote MASS software R (versão 4.2), no critério de seleção de variáveis do modelo de regressão linear simples e múltiplas para estimar o *Frame size* em ovinos, como segue:

$$\text{Modelo I: } y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + e_i$$

$$\text{Modelo II: } y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1.x_2 + e_i$$

$$\text{Modelo III: } y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + e_i$$

$$\text{Modelo IV: } y = a + b_1x_1 + b_1x_1^2 + b_2x_2 + b_3x_1.x_2 + e_i$$

$$\text{Modelo V: } y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_2^2 + e_i$$

$$\text{Modelo VI: } y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_2^2 + b_4x_1 \cdot x_2 + e_i$$

$$\text{Modelo VII: } y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 + e_i$$

$$\text{Modelo VIII: } y = a + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 + b_5x_1 \cdot x_2 + e_i$$

Em que,

y é a variável resposta (FSO) tomada no animal i ; a é o valor do intercepto, que informa o valor de “ y ” $b_1; b_2; b_3; b_4; b_5$ é o valor que determina a inclinação da reta o que determina a força da relação entre as variáveis; x_1 e x_2 são os valores da variável preditora.

Assim como na regressão linear simples, no modelo múltiplo também foram validadas as suposições de cada modelo ajustado, a fim de que os resultados sejam confiáveis, através da análise de resíduos.

Foi aplicada a metodologia de validação cruzada para avaliar a performance preditiva dos modelos. Esta é a forma de ser mais rigoroso em termos de avaliação da habilidade preditiva foi utilizado o comando set seed () dentro do programa estatístico R, este procedimento foi realizado para todos os modelos em todos os bancos de dados

Para comparação e escolha do melhor modelo, foram utilizados: coeficiente de regressão, coeficiente de determinação ajustado ($R_{A_j}^2$); Critério de informação de Akaike (AIC); Critério de informação Bayesiano (BIC); e raiz do erro médio quadrado (RMSE).

O coeficiente de determinação ajustado (ou simplesmente R^2 ajustado) é definido pelo seguinte modelo:

$$R_{A_j}^2 = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \right] * (1 - R^2)$$

Em que:

$R_{A_j}^2$: Coeficiente de Determinação Ajustado; K = número de coeficientes da equação; N : número de observações. Por esse critério, quanto mais próximo de 1 (um) for o valor do Coeficiente de Determinação, melhor será o ajuste da linha de regressão.

O Critério de Informação de Akaike (AIC, *Akaike Information Criterion*) é baseado na Divergência de Kullback Leibler, que é uma medida da “distância” entre o modelo identificado e um teórico “modelo real”, tendo a seguinte forma:

$$AIC = -2 \ln f(x | \hat{\theta}) + 2k$$

$$-2 \ln f(x | \hat{\theta})$$

À medida que a verossimilhança aumenta, o termo decresce, enquanto o termo $2k$ cresce sempre que a ordem do modelo for maior. Dessa forma, AIC pondera entre a adequação aos dados e a complexidade do modelo.

Já o Critério de Informação de Schwarz (BIC, *Bayesian Information Criterion*) é uma ferramenta para seleção de modelos que frequentemente é utilizada em conjunto com o AIC. O modelo BIC utilizado pode ser descrito como:

$$BIC = -2 \log_f(y | \hat{\theta}) + k \log n$$

O erro quadrático médio da raiz pode é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N ||y(i) - \hat{y}(i)||^2}{N}}$$

onde:

N : é o número das observações; $y(i)$: é a i -ésima medição e $\hat{y}(i)$: é sua previsão correspondente.

2.5 Classificação dos animais

Para verificar a relação do *Frame size* com as características que indicam musculosidade, o *Framesize* foi categorizado pequeno (P), médio (M) e grande (G). Assim, foram formadas as classes de *Frame* de acordo com análise da amplitude da variável, onde apresentou como 1º quartil animais com escores de *Frame size* de 1 a 4 passaram a representar o *Frame P*; 2º quartil com escores de

Frame size 5 a 6 denominados de *Frame* M; e 3º quartil com escores de *Frame size* 7 a 9 foram denominados de *Frame* G.

Para comparar as classes de *Frame* (P, M e G) em relação às características AOL, AOL30, POL, POL30, EGS, EGS30 e PP, PP30, foi realizada análise de variância com dois fatores, utilizado o seguinte modelo estatístico: $\gamma_{ijk} = \mu + GC_i + Frame_j + e_{ijk}$, em que γ_{ijk} é o valor da característica medida no animal k que recebeu o *Frame*_j (P, M ou G) ; μ = média geral da característica; GC_i é o efeito do grupo de contemporâneo i (constituído pela combinação das variáveis propriedade, ano de nascimento, período de coleta e sexo do animal); *Frame*_j é o efeito do frame j sobre as características estudadas; e e_{ijk} é o erro aleatório associado a cada observação. A estruturação do arquivo de dados, assim como as análise descritiva e pressuposições do resíduo para as análises foram realizadas utilizando-se o software R versão 4.2.

Quando detectado efeito significativo ($p < 0,05$) do *Frame size* sobre as características estudadas, as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). As diferenças entre médias foram declaradas significativas a 5% de probabilidade.

3. Resultados

3.1. Estatística descritiva de dados fenotípicos

Na Tabela 2, são apresentadas as características avaliadas neste estudo, em que o número de observações variou entre 600 para EGS e EGS30 a 708 para AG e ID. As medias e medianas foram similares para todas as características avaliadas, os maiores valores apresentados para desvio padrão foram observados para características relacionadas com o PP; PP30 e AG.

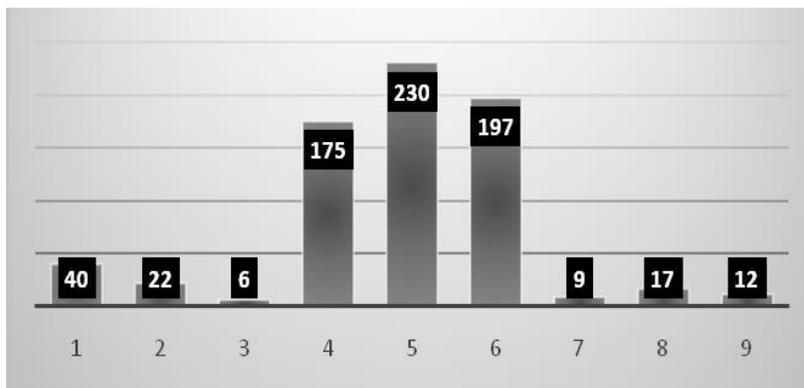
Tabela 2 Estatística descritiva para *Frame size* em ovinos Santa Inês.

Característica	N	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo
Frame size (escore)	706	4,42	4,00	1,42	1	9
ID (Anos)	708	3,50	2,83	2,28	1,00	14
AG (cm)	708	76,00	76,00	3,61	61,00	92
AOL (cm ²)	704	9,13	8,5	3,37	2,56	26,37
AOL30 (cm ²)	704	4,78	4,67	1,32	1,66	10,60
EGS (mm)	600	1,76	1,58	1,06	0	6,55
EGS30(mm)	600	0,88	0,81	0,40	0	2,73
PP (cm)	610	38,91	39,00	4,50	22	64
PP30 (cm)	610	20,89	23,71	4,41	9,56	36
POL (cm)	704	2,56	2,46	0,61	1,15	9,03
POL30 (cm)	704	1,36	1,32	0,29	0,71	2,76

ID: Idade Adulta; AG: Altura da Garupa à Idade Adulta; DP: Desvio-Padrão; AOL: área de olho de lombo; AOL30: área de olho de lombo ajustada 30 kg; EGS: espessura de gordura subcutânea; EGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada 30 kg; PP: circunferência da perna; PP30: circunferência da perna ajustada 30 kg. POL: profundidade de olho de lombo; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada 30 kg;

3.2. Atribuição do *Frame size* observado (FSO)

As prerrogativas do FSO em ovinos da raça Santa Inês (Figura 1) à idade adulta apresentam frequências atribuídas conforme a altura da garupa (AG) aumenta dentro da classe da idade adulta (ID), revelando alta frequência de animais com *scores* 4, 5 e 6, independente do sexo, correspondendo a 85% dos *scores* estimados pelo FO (Figura 1).

**Figura 1** Distribuição das categorias do *Frame size* observado (FSO) em ovinos da raça Santa Inês

3.3. Atribuição do Frame Size

As informações do *Frame size* geradas através do melhor modelo (VI), que permitiu apresentar uma alta frequência de animais com escores de *Frame size* 3, 4, 5 e 6, independente do sexo (Figura 1).

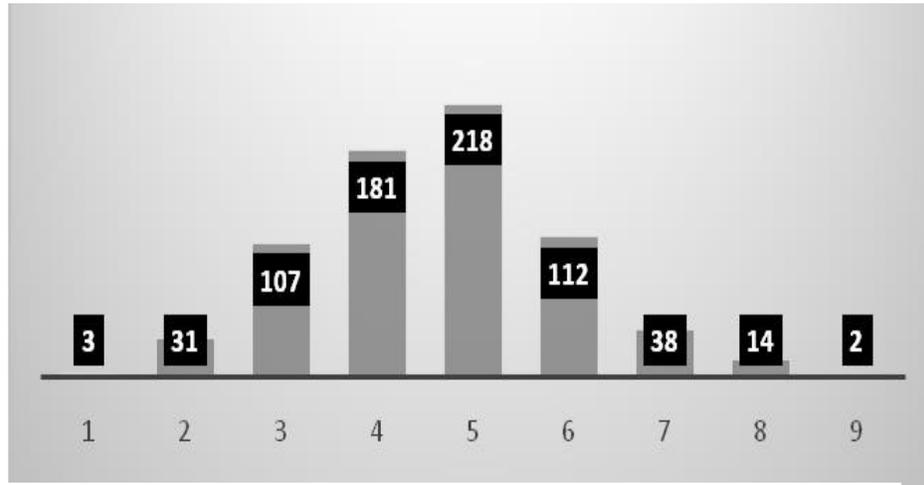


Figura2 Distribuição das categorias do Frame size em ovinos da raça Santa Inês.

3.4. Análise estatística

O número de observações para as análises variou entre 600 para EGS e EGS30 a 706 para *Frame size* (Tabela 4). Os maiores valores de coeficientes de variação (CV) foram observados para as características mensuradas por ultrassonografia, como AOL, EGS e POL, as quais estão mais sujeitas a variação em função de fatores como nutrição e idade dos animais, em comparação ao perímetro da perna e *Frame size*, que dependem do peso e da altura da garupa dos animais em estudo. As médias, medianas das variáveis foram similares, para todas as características, conforme o esperado seguindo uma distribuição normal.

3.5. Comparação de médias entre características de carcaça e as de categorias de escore do *Frame size* em ovinos de raça Santa Inês.

Neste estudo, o número de observações para as categorias de escore do *Frame size* variou de 322 (pequeno), 330 (médio) e 54 (grande), e os valores médios das características de carcaça e desempenho das categorias de *Frame size* em ovinos estão apresentados na Tabela 5. Para as características de carcaça do animal, a categoria Grande apresentou as maiores médias de AOL (10,54 cm²); POL (2,87 cm); EGS (1,89 mm) e PP (40,94 cm), enquanto a categoria Pequena

apresentou as menores médias para as características de carcaça AOL (8,78 cm²); POL (2,47 cm); EGS(1,75 mm) e PP (38,77 cm).

Tabela 3 Médias estimadas para medidas de carcaça *in vivo* em ovinos da raça Santa Inês entre categorias de *Frame size*.

Característica	Frame Size			p-valor
	Pequeno (n=322)	Médio (n=330)	Grande (n=54)	
AOL (cm ²)	8,78 ^b	9,25 ^b	10,54 ^a	< 0,001
POL(cm)	2,47 ^b	2,58 ^b	2,87 ^a	< 0,001
EGS (mm)	1,75 ^a	1,74 ^a	1,89 ^a	0,003
PP (cm)	38,77 ^b	38,66 ^b	40,94 ^a	< 0,001

Para cada característica, médias seguidas de mesma letra minúscula na linha por classe não diferem estatisticamente segundo o teste de Student Newman Keuls (P<0,05). AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea; POL: profundidade de olho de lombo; PP: circunferência da perna; POL: profundidade de olho de lombo.

3.6. Comparação de médias entre características de carcaça ajustadas e as de categorias de escore do *Frame size* em ovinos de raça Santa Inês.

Na Tabela 6, pode-se observar que para as características de carcaça ajustada do animal, a categoria Pequena apresentou as maiores médias de AOL (5,10 cm²); POL (2,87 cm); EGS(1,89 mm) e PP (40,94 cm).

Tabela 4 Médias ajustadas para 30 kg para medidas de carcaça *in vivo* em ovinos da raça Santa Inês com diferentes categorias de *Frame Size*.

Característica	Frame Size			p-valor
	Pequeno (n=322)	Mediano (n=330)	Grande (n=54)	
AOL30 (cm ²)	5,10 ^a	4,56 ^b	4,46 ^b	< 0,001
POL30(cm)	1,45 ^a	1,29 ^b	1,26 ^b	< 0,001
EGS30 (mm)	0,98 ^a	0,82 ^b	0,76 ^b	0,001
PP30 (cm)	22,87 ^a	19,42 ^b	18,86 ^b	< 0,001

Para cada característica, médias seguidas de mesma letra minúscula na linha por classe não diferem estatisticamente segundo o teste de Student Newman Keuls (P<0,05). AOL30: área de olho de lombo ajustada 30 kg; ESGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada 30 kg; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada 30 kg; PP30: circunferência da perna ajustada 30 kg.

3.7. Estimativas de correlação de Pearson entre as categorias de *Frame size* e características de carcaça em ovinos de raça Santa Inês

Para fins de interpretação, as estimativas de correlações entre as categorias de *Frame size* foram classificadas como baixas (<0,29), moderado (0,30 a 0,49), e alta (0,50 a 1,0). A característica *Frame size* apresentou valores de correlação de baixa magnitude com as demais características de carcaça avaliadas (AOL, POL, EGS e PP), variando de 0,06 a 0,13 (Figura 3a). A característica *Frame size* apresentou valores de correlação negativa e de baixa a moderada magnitude com as características de carcaça ajustadas (AOL30, POL30, EGS30 e PP30), variando de -0,18 a -0,41 (Figura3b). A correlação mais alta entre as características de carcaça foi obtida entre AOL30 e POL30 (0,69).

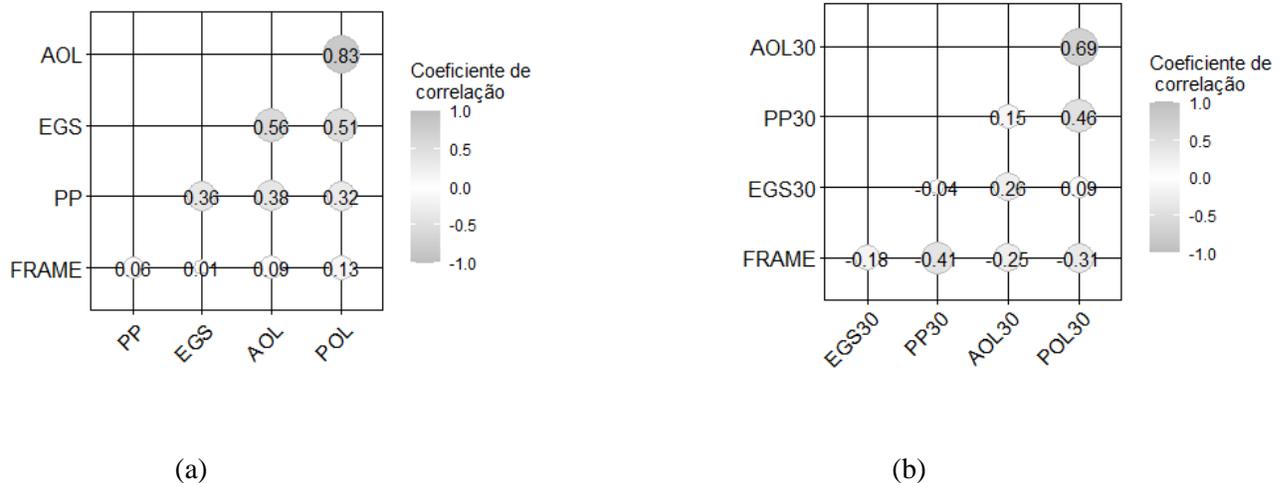


Figura3 Correlações de Pearson entre *Frame Size* e características de carcaça in vivo em ovinos da raça Santa Inês. *P <0,05.

4. Discussão

4.1. Estatística descritiva de dados fenotípicos

As características avaliadas na Tabela 2 observa-se que a idade adulta (IA), área de olho de lombo (AOL), e profundidade de olho de lombo (POL), apresentaram valores médios de 3,50 anos; 9,13 cm²; e 2,56 cm respectivamente, os quais são próximos aos encontrados por Castro et al. (2022) e Sena et al. (2020) em ovinos Santa Inês, as proximidades entre os valores médios das

características indica que os animais apresentam características homogêneas, o que é importante para determinar com acurácia as demais medidas biométricas in vivo e na sua carcaça. (PINHEIRO; JORGE; YOKOO.,2010).

4.2. Estimativas do *Frame size* para ovinos.

Para a escolha das variáveis que compor o modelo de regressão múltipla da Tabela 3 que melhor prediz os scores de *Frame Size* utilizou-se o método *Backward Stepwise Selection* (DRAPER; SMITH., 1998). Inicialmente testou-se o modelo com todas as variáveis (AG, ID) e sequencialmente, retirou-se essas variáveis ou incluiu-se suas interações e efeitos quadráticos

Utilizou-se os critérios de seleção que ajudam avaliar a qualidade dos modelos conseguindo identificar qual modelo dos 8 analisados nesta pesquisa fornece estimativas mais precisas e acuradas dos escores de *Frame Size* em ovinos usando altura da garupa e a idade adulta como preditores, buscando um equilíbrio entre o modelo a ser escolhido e sua capacidade preditiva, cujos preditores maiores valores de R^2_{aj} próximo a 1 indicam melhor desempenho, mas não a acurácia do modelo, (GURGEL et al., 2022) nesse sentido os menores valores de AIC e BIC indicam maior precisão e acurácia entre a variável dependente e independentes e são recomendados para avaliar modelos de regressão. (IBRAHIM et al., 2021; RAMÍREZ-BAUTISTA et al., 2023), e também valores de RSME próximos a 0 demonstram menor diferença entre valor observado (real) e predito pelos modelos escolhidos o que esclarece a adaptação dos mesmos.

Baseado nos critérios supracitados o modelo VI conduz ao R_{Aj}^2 de 70%, ou seja, aproximadamente 70% da variabilidade dos dados pode ser explicada pelo modelo VI, os valores de AIC e BIC se descreveram que o modelo VI com precisão e considerando o valor de RMSE nos modelos que incluíram a idade quadrática foram os que melhor estimou o valor exato dos escores de *Frame Size* em ovinos a utilização dos critérios de seleção de AIC, BIC e RMSE minimizando os erros com maior precisão e acurácia.

4.2. Comparação de médias entre características de carcaça e as de categorias de escore do *Frame size* em ovinos de raça Santa Inês

O *Frame size* é utilizado para descrever de forma numérica o tamanho do esqueleto do animal (MOTA et al.,2014), adequando os tamanhos aos diferentes sistemas de exploração e como um critério para selecionar animais que produzirão carcaças com diferenças de pesos e qualidade

de acabamento, também está relacionado com a altura da garupa e a idade. O *Frame size* foi desenvolvido para bovinos de corte *Bos Taurus* (BIF, 2018). Percebe-se que ocorreu um aumento nos valores das características de carcaça avaliadas (AOL, POL e PP), proporcionalmente ao aumento das categorias do *Frame size*, com exceção de EGS, que se manteve constante nas três categorias (Tabela 5), evidenciando que existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre as características de carcaça quando ocorre um aumento da categoria do *Frame size*.

No presente estudo foi desenvolvido um *Frame* para ovinos da raça Santa Inês, indicando que poderia existir maior concentração de carne e músculo nas categorias de *Frame size* grande (G), sugerindo que o desenvolvimento poderia estar ligado à melhoria da qualidade de carcaça, porque apresentarão uma carcaça mais desenvolvida, comparados com categorias de *Frame size* pequeno (P). No entanto, é importante ressaltar que existem poucos estudos disponíveis na literatura sobre categorização de escores de *Frame size* em ovinos Santa Inês.

Por exemplo, Souza Junior et al. (2013) utilizaram 19 ovinos da raça Santa Inês com 120 dias de idade, no estado da Paraíba, os autores relataram diferença significativas na AOL entre o *Frame size* médio (11,40 cm²) e grande (13,43 cm²), mesmo utilizando uma metodologia diferente para determinar as categorias de escores de *Frame size*, considerando a altura da cernelha, a altura da garupa, comprimento corporal e o peso vivo como variáveis gerando duas categorias de *Frame* (médio e grande). Esses resultados são diferentes daqueles obtidos em nosso estudo, em que se gerou três categorias de *Frame size* (pequeno, médio e grande). Essa diferença de categorização de escores de *Frame size* pode ser atribuída à quantidade de animais usados, diferentes idades adultas que foram de 1 a 14 anos, e às diferentes metodologias estatísticas e variáveis utilizadas.

MAY et al. (1992) e ŞENTÜRKLÜ et al. (2015) constataram que o *Frame size* grande (G) influenciou na característica de carcaça AOL. Por outro lado, DUCKETT et al. (2014), avaliando novilhos de raça Angus, determinaram que animais de *frame* mediano tiveram maior AOL em comparação aos indivíduos de *frame* pequeno. Essas diferenças podem ser devido aos diferentes sistemas de manejo, à raça e ao número de animais utilizados em cada estudo.

4.2. Comparação de médias entre características de carcaça ajustadas e as de categorias de escore do *Frame size* em ovinos de raça Santa Inês

As características de carcaça foram ajustadas a 30 Kg de peso vivo com o propósito de unificar as unidades de grandezas das características (cm², cm, mm e kg), colocando aos animais

em uma base de peso igual e tentar corrigir os erros operacionais de interpretação por distintos operadores (MERCADANTE *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Na Tabela 6, observa-se valores significativamente maiores na categorias de escores de *Frame size* pequeno (P), cujo valores de AOL30 (5,10 cm²), POL30 (1,45cm), EGS30 (0,98 mm) e PP30 (22,87cm) indicam que há maior concentração de carne e músculo em relação às demais categorias (médio e grande), mostrando que as categorias de escores de *Frame size* é uma boa medida indicadora de desenvolvimento de carcaça, o que poderia ser um indicador para o produtor poder selecionar indiretamente animais com menos exigências de manutenção.

Neste sentido, poderia ser vantajoso para os ovinocultores, especialmente no Nordeste brasileiro, porque possuem majoritariamente sistemas extensivos ou semi-intensivos (GUILHERME *et al.* 2017), localizados em áreas isoladas, onde produzem, principalmente, carne com um baixo investimento e nível tecnológico (HERMUCHE *et al.*, 2013; LOBO *et al.*, 2019).

Neste panorama, Mota *et al.* (2015) descreveram que animais (bovinos) que apresentaram *Frame Size* pequeno e médio foram mais eficientes em sistemas de criação extensiva, sendo que categorias de escore *Frame G* têm maiores necessidades de energia e são menos resistentes a períodos de privação de alimentação que os animais de menor tamanho estrutural (NEGREIROS *et al.*, 2022). Com nossos resultados, poderíamos sugerir que a inclusão das categorias de escore de *Frame size* nos sistemas de produção poderia resultar na seleção de animais de acordo aos sistemas de exploração de cada ovinocultor e aos objetivos de cada produtor.

Há poucos resultados disponíveis na literatura sobre as categorias de escore de *Frame size* em ovinos. MANZONI *et al.* (2017), em estudos com ovelhas *Corriedale* no Rio Grande do Sul, relataram que ovelhas com *Frame size G* são mais pesadas ao parto e ao desmame, não obstante, foram menos eficientes nas características produtivas em relação as ovelhas que apresentaram categoria de *Frame size M*. Em outras espécies de ruminantes, como bovinos de corte, as fêmeas precoces no parto e de *Frame size P* são mais eficientes na produção de kg de bezerros, em relação às fêmeas grandes, ou seja, bezerros de vacas de tamanho menor precisavam de menos leite para produzir 1 kg de peso corporal (VAZ *et al.*, 2020).

4.3 Estimativas de correlações de Pearson entre as categorias de escore do *Frame size* e características de carcaça ajustadas em ovinos de raça Santa Inês

As correlações entre as características de carcaça (AOL30, POL30, PP30 e EGS30) em ovinos Santa Inês variaram de baixa a alta magnitude, com valores de - 0,04 (EGS30 vs PP30) a 0,69 (AOL30 vs POL30) (Figura 3). A correlação mais alta foi obtida entre AOL30 e POL30, o que pressupõe que animais com maior POL apresentaram maior AOL. Vários produtores na Austrália têm utilizado a POL como uma medida indireta da porcentagem de carne magra, porque é uma característica que indica a musculosidade da carcaça, e o aumento das medidas de POL está associado ao aumento do peso do músculo *Longissimus lumborum*.

Em ovinos na raça *Teleorman Black Had*, LAZAR *et al.* (2020) mostraram uma alta correlação entre AOL e POL (0,71 a 0,73), indicando a importância de avaliar as características de qualidade e mérito da carcaça enquanto o animal ainda está vivo. Sena *et al.* (2016), descreveram correlações entre as características AOL e POL de 0,85 em ovinos Santa Inês, as magnitudes foram maiores em relação a nosso estudo, essa diferença possivelmente deve-se à quantidade de animais utilizados e ao ajuste das características de carcaça a um só peso.

As correlações entre EGS e AOL (0,56) e EGS e POL (0,83) foram de baixa magnitude, indicando que a seleção para o aumento de AOL e POL poderia resultar no aumento da EGS, o que é considerado indesejável devido ao excesso de gordura na carcaça, que poderia resultar no processo de seleção. Brito *et al.* (2017) relataram em ovinos na Austrália o aumento da POL tiveram um incremento de EGS, o que prejudica os produtores no momento da comercialização das carcaças.

Por outro lado, as correlações entre as categorias de escore *Frame size* com as características de carcaça (EGS; PP30; AOL30; POL30) foram de baixa magnitude e negativas (-0,18; -0,41; -0,25; -0,31, respectivamente), indicando que as categorias de *Frame size*, provavelmente, não terão muita influência na musculosidade e deposição de gordura nas características de carcaça. No entanto, com o aumento das categorias de *Frame size* nos ovinos, houve uma redução da EGS30, evidenciando que animais de *Frame G* possuem uma estrutura corporal maior, possuindo uma maior quantidade de carne magra por ser um biotipo tardio para deposição de gordura na carcaça, porém, têm maiores necessidades de energia e são menos resistentes a períodos de privação de alimentação que os animais de menor *Frame size*.

Segundo NEGREIROS *et al.* (2022), animais com *Frame size G* precisam de mais alimento e maior energia para manutenção. Outros autores (por exemplo, OWENS *et al.*, 1993; BOUQUET *et al.*, 2010; HOCQUETTE *et al.*, 2010) ressaltam que animais de *Frame size G* têm um atraso na

idade a puberdade, enquanto os hormônios que são responsáveis pelo crescimento e o tecido muscular continuam com a multiplicação celular (hiperplasia) e o aumento do volume celular (hipertrofia), depositam maior porcentagem de tecido muscular na carcaça e aumentando o tempo de engorda. Em outras palavras, animais com Frame size P e M tendem a atingir a maturidade, em termos de peso ao abate mais precocemente quando comparados aos animais grandes, criados sob as mesmas condições nutricionais e ambientais.

5. Conclusões

O melhor modelo com maior precisão e acurácia para obter as categorias de *Frame size* em ovinos foi o modelo VI que inclui interações entre as variáveis AG e ID e o efeito quadrático da idade. Ovinos da raça Santa Inês que apresentaram categorias de *Frame size* P apresentam maiores medidas para as características de carcaça ajustas a 30 Kg de peso vivo avaliadas sob as condições deste estudo, o que sugere que o desenvolvimento do *Frame* em ovinos está diretamente ligado à melhoria em características de carcaça, o qual pode ser uma ferramenta de seleção de tamanho corporal.

Referências

- ANDRADE., et al. Validation of tools for the management of goat and sheep herds in the Pernambuco hinterland. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, vol. 14, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8645>.
- BIF. Guidelines for Uniform Beef Improvement. 2018. Disponível em: https://guidelines.beefimprovement.org/index.php/Authors%27_Resources.
- BIF. Guidelines for Uniform Beef Improvement. 2021. Disponível em: https://beefimprovement.org/wpcontent/uploads/2018/03/BIFGuidelinesFinal_updated0318.pdf.
- BORG, R. C.; NOTTER, D. R.; KOTT, R. W. Phenotypic and genetic associations between lamb growth traits and adult ewe body weights in western range sheep. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3506-3514, 1 nov. 2009. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-1622>.
- BOUQUET, A. et al. Genetic parameters for growth, muscularity, feed efficiency and carcass traits of young beef bulls. **Livestock Science**, v. 129, n. 1-3, p. 38-48, abr. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.12.010>.
- BRINKS, J. et al. Estimates of Genetic, Environmental and Phenotypic Parameters in Range Hereford Females. **Journal of Animal Science**, v. 23, n. 3, p. 711-716, 1 ago. 1964. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas1964.233711x>.
- BRITO, L. et al. Genetic parameters for various growth, carcass and meat quality traits in a New Zealand sheep population. **Small Ruminant Research**, v. 154, p. 81-91, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.07.011>.
- CAMFIELD, P. et al. Effects of growth type on carcass traits of pasture- or feedlot-developed steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 9, p. 2437, 1999. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/1999.7792437x>.
- DUCKETT, S. et al. Effect of frame size and time-on-pasture on steer performance, longissimus muscle fatty acid composition, and tenderness in a forage-finishing system. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 10, p. 4767-4774, 1 out. 2014. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-7411>.
- FITZHUGH, H.; TAYLOR, St. C. Genetic Analysis of Degree of Maturity. **Journal of Animal Science**, v. 33, n. 4, p. 717-725, 1 out. 1971. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas1971.334717x>.
- GERALDO, A. et al. Avaliação de carcaça ovina por tomografia computadorizada: Estado da Arte no Brasil e no mundo. **Pubvet: Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 11, p. 91-102, 2017.

GUILHERME, R. et al. Characterization and typology of sheep and goat production systems in the State of Paraíba, a semi-arid region of northeastern Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2163, 4 ago. 2017. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p2163>.

CHAVES, A. et al. Aspectos relacionados con la importancia del uso de modelos predictivos en la producción ovina. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 14, n. 1, p. 204-227, 27 dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.6126>.

HEJAZI, M. et al. The decline of U.S. export competitiveness in the Chinese meat import market. **Agribusiness**, vol. 35, no. 1, p. 114–126, 2019. <https://doi.org/10.1002/agr.21588>.

HERMUCHE, P. et al. Dynamics of Sheep Production in Brazil. *Isprs International Journal of Geo-Information*, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 665-679, 31 jul. 2013. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi2030665>.

HOCQUETTE, J.F. et al. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **Animal**, v. 4, n. 2, p. 303-319, 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731109991091>.

HORIMOTO, A. et al. Phenotypic and genetic correlations for body structure scores (frame) with productive traits and index for CEIP classification in Nellore beef cattle. **Genet. Mol. Res**, v. 6, n. 1, p. 188-196, 2007.

IBRAHIM, A. et al. Regression model analysis for prediction of body weight from body measurements in female Batur sheep of Banjarnegara District, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, v. 22, n. 7, p. 2723-2730, 20 jun. 2021.. <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d220721>.

LAZAR, C. et al. A Review Regarding the Evolution of Ultrasound Technique and the Impact on Selecting Animals for Carcass Meat Quality. **Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrări Stiintifice: Zootehnie și Biotehnologii**, v. 53, n. 1, 2020.

LEMES, J. S. et al. Características da carcaça e da carne de cordeiros Corriedale manejados em duas alturas de milho. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 241, p. 161-170, 2014.

LOBO, Raimundo Nonato Braga. Opportunities for investment into small ruminant breeding programmes in Brazil. **Journal Of Animal Breeding And Genetics**, [S.L.], v. 136, n. 5, p. 313-318, 7 maio 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jbg.12396>.

LUCHIARI FILHO, Albino. **Pecuária da carne bovina**. A. 2000.

MAINO, J; LINTON, A.; BRINKS, J. Postweaning growth and carcass characteristics of various frame size steers on forage systems. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 2, p. 232-240, 1 fev. 1981. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas1981.522232x>.

MANZONI, V. et al. Eficiência produtiva de ovelhas com diferentes características conformacionais sob pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 1-11, nov. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v18e-41123>.

MAY, S. et al. Beef carcass composition of slaughter cattle differing in frame size, muscle score, and external fatness. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 8, p. 2431-2445, 1 ago. 1992. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/1992.7082431x>.

MERCADANTE, Maria Eugênia Zerlotti *et al.* Repetibilidade da mensuração de imagens das características de carcaça obtidas por ultrassonografia em fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 752-757, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000400008>.

MOTA, L. et al. Estrutura corporal(Frame Size) e influencias no desempenho produtivo de bovinos de corte..**Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n.1, p, 1-19, 2014.

MOTA, L. et al. Divergência morfométrica em bovinos nelore em crescimento classificados para diferentes classes de frame size. **Revista Caatinga**, Diamantina, v. 8, n. 2, p. 117-125, 29 jan. 2015.

NEGREIROS, M. et al.. Selection criteria for frame score and its association with growth-, reproductive, feed efficiency and carcass related traits in Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 62, n. 16, p. 1551-1562, 24 jun. 2022. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an22054>.

OLIVEIRA, E.et al. Genetic parameters for body weight and morphometric traits in Santa Ines sheep using Bayesian inference. **Small Ruminant Research**, vol. 201, p.1-5. May, 2021. DOI 10.1016/j.smallrumres.2021.106446. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448821001231>.

OLIVEIRA, F. et al. Carcass characteristics of Santa Ines sheep with different biotypes and slaughtering weights. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 3, p. 347-359, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402018000300011>.

OWENS, F. et al. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, [S.L.], v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1 nov. 1993. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/1993.71113138x>.

PEREIRA, Gabriel Ribas *et al.* Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 46, n. 5, p. 413-420, maio 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000500007>.

PERRY, G; CUSHMAN.R. Effect of age at puberty/conception date on cow longevity. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. p. 579-590, 2013.

PINHEIRO,R; JORGE, A; YOKOO, M. Correlações entre medidas determinadas in vivo por ultrassom e na carcaça de ovelhas de descarte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1161-1167, 2010.

POSBERGH, C. J; HUSON, H. J. All sheeps and sizes: a genetic investigation of mature body size across sheep breeds reveals a polygenic nature. **Animal Genetics** , p. 1–9, 2020.

RAINERI, Ca; SANTOS, F; GAMEIRO, A. Ovinocultura de corte no Brasil: balanço de 2013 e perspectivas para 2014. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, vol. 12, no. 3, p. 12–17, 2015. <http://doi.org/10.36440/recmvz.v12i3.24623>.

RAMÍREZ-BAUTISTA, M.A. et al. Relationship between body weight and scrotal circumference in growing Pelibuey sheep raised under tropical conditions. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, n. 3, p. 519-524, jun. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-12902>.

SAINZ, R.et al. A new frame score system for Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 4, p. 47-47, 3 nov. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skaa278.086>.

SENA, L et al. Associação entre características de carcaça e tamanho corporal em ovinos Santa Inês. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 18, p. 84-92, fev. 2016.

SENA, L. et al. Genetic evaluation of tropical climate-adapted sheep for carcass traits including genomic information. **Small Ruminant Research**, v. 188, p. 106120, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106120>.

SENTÜRKLÜ, S. et al. Effect of Heifer Frame Score on Growth, Fertility, and Economics. Asian-Australasian **Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 69-78, 23 dez. 2014. Asian Australasian Association of Animal Production Societies. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.13.0833>.

SOUZA ,J. et al. Effect of frame size on performance and carcass traits of Santa Inês lambs finished in a feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 4, p. 284-290, 12 nov. 2013.

TATUM, J. ; WILLIAMS, F.; BOWLING, R..Effects of Feeder-Cattle Frame Size and Muscle Thickness on Subsequent Growth and Carcass Development. I. na Objective Analysis of Frame Size and Muscle Thickness. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 1, p. 109, 1986. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas1986.621109x>.

TAYLOR, C. S..Genetically standardized grow the equations. **Animal Science**, v. 30, n. 2, p. 167-175, abr. 1980. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0003356100023953>.

TEIXEIRA, N.et al. Parâmetros populacionais da raça ovina Santa Inês no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 48, no. 12, p. 1589–1595, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200008>.

VAZ, R. et al. Época de parto e produção de leite na eficiência bioeconômica de rebanhos de vacas de corte. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e216997240-e216997240, 2020.

CAPÍTULO II

Avaliação genética de ovinos Santa Inês para estrutura corporal e características de carcaça com inclusão de informação genômica

Avaliação genética de ovinos Santa Inês para estrutura corporal e características de carcaça com inclusão de informação genômica

Sandra Isabel Castañeda Caguana^a*, José Lindenberg Rocha Sarmento^b

^aPrograma de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

^bDepartamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

*Autor correspondente.

Endereços de e-mail: SICC sandraisabel0709@gmail.com; JLRS sarmento@ufpi.edu.br

Destaques

- Características de carcaça ajustadas a 30 Kg de peso vivo podem ser viáveis para seleção em ovinos da raça Santa Inês.
- A avaliação genética para característica de carcaça ajustadas é favorecida pela inclusão de
- informação genômica.
- A utilização do método *single-step* GBLUP proporcionou a estimação de valores genéticos mais acurados para *Frame size*.

RESUMO

A raça ovina Santa Inês apresenta grande potencial produtivo, no entanto, as taxas de produção ainda são baixas e há carência de melhoramento genético de características importantes para a produção de carne. No presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de diferentes estruturas de matriz de parentesco (**A** ou **H**) sobre a estimação de parâmetros genéticos e acurácia de valores genéticos para o tamanho da estrutura corporal (*Frame size*) e características de carcaça em ovinos Santa Inês. Foram utilizadas informações fenotípicas de 699, 765, 763, 679 e 667 observações de *frame score*, área de olho de lombo ajustada para 30 kg (AOL30), profundidade de lombo ajustada para 30 kg (POL30), espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg (EGS30) e circunferência da perna ajustada para 30 kg (PER30), respectivamente. No total, 1.637

indivíduos foram incluídos na matriz dos numeradores de parentesco (**A**). Informações de 42.748 SNPs e 388 amostras genotipadas com o painel Ovine SNP50 BeadChip (Illumina, Inc., San Diego, CA) foram utilizadas. Os componentes de (co)variância foram estimados inferência Bayesiana por meio de análises uni e multicaracterísticas, com utilização de modelo animal com a matriz **A** ou com a matriz de matriz **H**. Para comparação da eficiência da inclusão de informação genômica nos modelos, foram utilizadas a acurácia teórica dos valores genéticos, correlação de Pearson entre valores genéticos preditos (com ou sem informação genômica) e correlação de rank de Spearman. As estimativas de herdabilidade obtidas com os dois modelos variaram de $0,042 \pm 0,04$ (*frame score*, usando a matriz **A**) a $0,454 \pm 0,09$ (AOL30, com uso da matriz **H**), nas análises unicaracterísticas, e de $0,147 \pm 0,05$ (*frame score*, com uso de **A**), a $0,486 \pm 0,08$ (AOL30, com uso de **H**), em análises multicaracterísticas. De modo geral, as estimativas de variância genética aditiva direta e herdabilidade foram superiores nos modelos multicaracterísticas. As estimativas de correlação genética entre *frame score* e as características de carcaça avaliadas foram negativas. As estimativas de acurácia teórica de valores genéticos para *frame score* foram superiores quando a informação genômica foi incluída no modelo. Por outro lado, algumas das características de carcaça ajustadas para 30 kg apresentaram diminuição na acurácia teórica de valores genéticos com inclusão de informações genômicas. Se disponíveis, informações genômicas devem ser incluídas nas análises para a estimação de parâmetros genéticos e valores genéticos para *frame score* em ovinos Santa Inês. A utilização de mais informações genômicas seria interessante para verificar a eficácia dos ajustes realizados para as características de carcaça avaliadas.

Palavras-chave: *Frame size*, *Longissimus dorsi*, Ovinos deslanados, Parâmetros genômicos, ssGBLUP.

Genetic evaluation of Santa Ines sheep for body composition and carcass traits with inclusion of genetic information

Abstract

The Santa Ines sheep breed has big productive potential, but the productive rates are low, and there is a lack of genetic improvement of important traits for meat production. The present study aimed to evaluate the effect of the implementation of different relationship matrices (**A** or **H**) on the genetic parameter estimations and accuracy of genetic values for the size of the corporal structure (frame size) and carcass traits in Santa Ines sheep. It used 699, 765, 763, 679, and 667 phenotypic records of frame score, adjusted loin eye area for 30 kg (LEA30), loin eye depth for 30 kg (LED30), subcutaneous fat thickness for 30 kg (SFT30) and adjusted leg perimeter for 30 kg (LP30), respectively. In total, 1637 individuals were included in the numerator relationship matrix (**A**). Records of 42748 SNPs and 338 genotyped samples with the o Ovine SNP50 BeadChip panel (Illumina, Inc., San Diego, CA) were used. The (co)variance components were estimated via Bayesian inference through single and multi-trait analysis, using the animal model with **A** matrix or **H** matrix. To compare the efficiency of including genomic information in the models, the theoretic accuracy of the genetic values, the Pearson correlation between the genetic predicted values (with or without genomic information), and the Spearman rank correlation were utilized. The heritability estimated obtained with the two models varied from $0,042 \pm 0,04$ (frame score, using **A** matrix), to $0,454 \pm 0,09$ (AOL30, using **H** matrix), in the single trait analysis and $0,147 \pm 0,05$ (frame score, using **A**), to $0,486 \pm 0,08$ (AOL30, using **H**), in multi-trait analysis. Generally speaking, the direct and indirect additive genetic variances and heritability were greater in the multi-trait models. The genetic correlations estimated between the frame score and the evaluated carcass traits were negative. The theoretic accuracy estimates of genetic values for frame score were greater when the genetic information was included in the model. On the other hand, some of the fitted carcass characteristics for 30 kg showed a decrease in the theoretic accuracy of genetic values, including genomic information. When available, genomic information must be included in the analysis to estimate genetic parameters and genetic values for frame score in Santa Ines sheep. Using more genomic records could be interesting to verify the efficacy of the adjustments made to the evaluated carcass traits.

Keywords: frame size, Longissimus dorsi, meat sheep, genetic parameters, ssGBLUP .

1. Introdução

A carne ovina é a quarta mais consumida no mercado mundial, com um consumo per capita de 3,9 kg (FAO,2022). Esse consumo pode ser devido a vários fatores (HENCHION et al., 2022), como preferências de alimentação, como no caso da população ocidental (NGUYEN et al., 2021), e consumo de outros tipos de carne o que fornecem proteína suficiente para uma dieta saudável (HENCHION et al., 2021). Embora no Brasil o consumo per capita de carne ovina seja de 0,4 kg (FAO,2022), este tipo de carne não é tão difundida quanto outras proteínas, sendo limitada a restaurantes e datas comemorativas, pela falta de costume e inexistência de cortes apropriados para serem competitivos com as demais fontes de proteína disponíveis no mercado. Com esses aspectos, faz-se necessário melhorar geneticamente características que estejam ligadas à produção de carne e gordura na carcaça, para atender as demandas do mercado consumidor que está relacionado com a qualidade e apresentação da carne produzida (FIRETTI et al., 2017; SILVA et al., 2022).

Dentre as raças produtoras de carne ovina importantes e utilizadas no Brasil está a Santa Inês, que se destaca por seu tamanho, taxa de crescimento e boa adaptabilidade a climas tropicais (SILVA et al., 2011; REGO NETO et al., 2017), chamando a atenção de ovinocultores das regiões Norte e Nordeste, onde predomina a agricultura familiar (ALVES et al., 2017) em sistemas de produção extensivo ou semi-intensivo (MENESES et al., 2023). As taxas de produção ainda são baixas, limitando a produtividade de carne ovina (MANNO et al., 2019), fazendo que animais com idade avançada entrem nos abatedouros com carcaças sem padronização, com características organolépticas indesejáveis, prejudicando a aceitabilidade do produto final (URBANO et al., 2017). Neste sentido, a redução da idade ao abate seria uma medida importante para melhorar a qualidade da carcaça (URBANO et al., 2023).

Contudo, ainda há a necessidade de se determinar biotipos dentro da raça Santa Inês que sejam mais eficientes e estejam de acordo com os sistemas de produção utilizados nas diferentes propriedades, a fim de maximizar a produtividade. Ou seja, animais cujos tamanhos se ajustem ao sistema de produção e sejam capazes de produzir o tipo de carcaça que o mercado busca. Neste sentido, uma alternativa é a introdução dos escores de *frame size* (estrutura corporal) em ovinos.

O *Frame size* é uma relação numérica entre a altura da garupa e a idade do animal (BIF, 2021), que está relacionada com a produtividade dos animais produtores de carne, sendo um critério interessante para a seleção de animais que causam diferenças no peso e na qualidade da carne

(MOTA *et al.*, 2014). Dentro dos programas de melhoramento genético, uma das abordagens é maximizar a taxa de progresso genético e melhorar as estimativas dos valores genéticos (EBVS) (YAVARIFARD *et al.*, 2015; KASEJA *et al.*, 2023).

Uma alternativa para obter EBVS mais acurados reduzindo o intervalo de geração consiste na combinação simultânea de animais genotipados, o pedigree e os fenótipos de interesse produtivo, denominado como o método *single-step* GBLUP (LEGARRA *et al.*, 2009; MISZTAL *et al.*, 2009; CHRISTENSEN; LUND, 2010). A inclusão de informações genômicas contribui para reduzir os riscos na tomada de decisões (KASEJA *et al.*, 2023) e melhora a estimação dos componentes de (co) variância e parâmetros genéticos para as características de interesse econômico.

Apesar da importância do *Frame Size* demonstrada em diferentes espécies pecuárias, há escassez de estudos sobre a possibilidade da utilização dessa característica em ovinos da raça Santa Inês para a composição de índices de seleção e sobre sua relação genética com características de carcaça obtidas por ultrassonografia em tempo real com uso de informação genômica. Dessa forma, objetivou-se realizar a estimação de componentes de (co)variância e parâmetros genéticos, assim como a predição de valores genéticos para o *Frame Size* e diferentes características de carcaças ajustadas para 30kg em ovinos da raça Santa Inês, com uso das matrizes de parentesco tradicional (A) e genômica (G), para avaliar a eficiência da inclusão da informação genômica na avaliação genética para as características em estudo.

2. Material e métodos

Os dados utilizados nesta pesquisa pertencem ao projeto intitulado Estudo genômico aplicado ao melhoramento genético de ovinos Santa Inês para características de carcaça (número 340/17), aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Piauí.

2.1. População amostrada

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de 18 rebanhos localizados na sub-região Meio-Norte do Brasil (estados do Piauí e Maranhão), referentes a animais registrados junto à

Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO), ou pertencentes ao núcleo de conservação de caprinos e ovinos da Embrapa Meio-Norte (Campo Maior, Piauí). Em todas as fazendas os animais eram criados em sistema semi-intensivo, em que recebiam suplemento nutricional em época de escassez de pastagem. O banco de dados é composto por registros de pedigree e fenótipos mensurados entre os anos de 2012 a 2018.

O conjunto de dados foi constituído por uma matriz de parentesco com 1.637 animais, dos quais 933 apresentaram informações de pai e mãe, 664 não tinham pais conhecidos e 40 possuíam apenas mãe conhecida, e em um *pedigree* com profundidade de oito gerações.

2.2. Dados fenotípicos

Neste estudo, foram utilizadas características indicativas de carcaça mensuradas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a vértebras lombares, com uso de ultrassonografia em tempo real, como descrito a seguir: área de olho de lombo (AOL, cm); profundidade de olho de lombo (POL, cm); espessura de gordura subcutânea (EGS, mm). Para a obtenção das imagens, cada animal foi previamente contido e imobilizado para evitar movimentos e possibilitar a obtenção de imagens claras. Em seguida, foi feita a limpeza da pele e com a ajuda de um pente, com o qual separou-se os pelos na região anatômica indicada para a mensuração (perpendicular ao comprimento do músculo *Longissimus dorsi*, no lado esquerdo do corpo do animal. Logo após, um gel especial para ultrassom incolor foi aplicado na área de mensuração, sobre o qual foi colocado o transdutor e foi possível observar as imagens.

As medições de carcaça foram realizadas por um técnico treinado e com experiência, com uso de um aparelho de ultrassom equipado com uma sonda linear de 3,5 MHz. A leitura das medidas AOL, POL e EGS coletadas em cada animal foi realizada no momento da coleta, após congelamento da imagem pelo operador do aparelho de ultrassom. A circunferência da perna (PER, cm) foi mensurada com uso de fita métrica na parte intermediária entre os ossos do jarrete (tarso) e ísquio, próximo à parte distal do fêmur (região tibiofemural), na perna direita. Estas características foram ajustadas a 30 kg de peso corporal e denominadas como área de olho de lombo ajustada (AOL30); profundidade de olho de lombo ajustada (POL30); espessura de gordura subcutânea ajustada (EGS30) e perímetro da perna ajustada (PER30).

O *frame size* dos animais foi utilizado para verificar sua relação com as características de caraça ajustadas para 30 kg (AOL30; POL30; EGS30 e PER30). Para a determinação do escore de *frame size* dos animais, foi utilizada a seguinte equação: $FRAME\ SIZE = -18,23 + 0,27\ Altura\ da\ garupa + 1,51\ idade - 0,04\ Idade^2 - 0,009\ Idade \times\ Altura\ da\ garupa$.

2.3. Dados genômicos

Para a extração do DNA e genotipagem, foi utilizado material biológico (sangue total) coletado diretamente na veia jugular dos animais. A genotipagem de 389 animais foi realizada com uso do chip de alta densidade *Ovine SNP50 BeadChip* (Illumina Inc., San Diego, CA, EUA), que contém 54.241 SNPs uniformemente espaçados nos cromossomos do genoma ovino.

2.4. Edição e controle de qualidade dos dados fenotípicos e genômicos

O procedimento preliminar para edição e consistência dos dados fenotípicos foi realizado com uso do software SAS (versão 9.0), de modo que foram mantidos animais com informações de sexo, período de coleta, ano de coleta e fazenda. O grupo contemporâneo (GC) foi composto pelos efeitos do sexo do animal (1 = macho e 2 = fêmea), período de coleta (1 = coletas realizadas de janeiro a maio – estação chuvosa; e 2 = coletas realizadas de junho a dezembro – estação seca), ano de coleta (2012, 2013, 2014, 2017 e 2018) e fazenda (1 a 18). A idade e o peso do animal no momento da coleta foram utilizados como covariáveis (efeito linear). Após o procedimento para edição e consistência dos dados fenotípicos, apenas observações de grupos contemporâneos com no mínimo dois animais foram mantidos. Além disso, amostras com valores acima ou abaixo de três desvios padrão da média de cada grupo contemporâneo foram removidas. Após a edição e consistência dos dados fenotípicos, apenas observações de grupos contemporâneos com no mínimo dois animais foram mantidos. Amostras com valores acima ou abaixo de três desvios padrão da média de cada grupo contemporâneo foram removidas. No total, 699, 765, 763, 679 e 667 observações de FRAME, AOL30, POL30, EGS30 e PER30, respectivamente, foram utilizadas para as análises estatísticas.

O controle de qualidade dos dados genômicos foi realizado com uso do software PREGSF90 (MISZTAL et al., 2018). Foram removidos SNPs localizados em posições genômicas desconhecidas (n = 682), ou em cromossomos sexuais (n = 1.472) e DNA mitocondrial (n = 3).

Além disso, foram removidos marcadores com *Minor Allele Frequency* (MAF) < 0,05 (n = 5.009), *Call Rate* < 0,95 (n = 4.319) e em desvio do equilíbrio de Hardy-Weinberg ($P < 10^{-6}$, n = 8). No controle de qualidade para as amostras, foi eliminada uma amostra com *Call Rate* < 0,90. Após o controle de qualidade, restaram para as análises 42.748 SNPs e 388 amostras (indivíduos genotipados).

2.5. Análises estatísticas tradicionais e genômicas

Os componentes de (co) variância e parâmetros genéticos necessários para realizar as análises foram estimados com utilização do modelo animal pelos métodos BLUP tradicional com uso da matriz A (sem informação genômica) e *single-step genomic BLUP* (ssGBLUP), em análises unicaracterísticas e multicaracterísticas, por meio de inferência Bayesiana. Para isto, foram utilizados os programas GIBBS1F90 (Misztal et al., 2018), para características lineares, e THRGIBBS1F90 (Misztal et al., 2018), para análise de dados categóricos e análises multicaracterísticas. As análises multicaracterísticas foram realizadas com todas as características simultaneamente, com uso de AOL30 como âncora. Para as estimativas da distribuição a posteriori dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos nos diferentes cenários descritos anteriormente, foi utilizada uma cadeia de 1.000.000 de ciclos, com descarte inicial de 200.000 (*burn-in*) e intervalo de amostragem a cada 100 ciclos, totalizando 8.000 amostras para cada análise, a partir das quais as inferências foram realizadas.

Para as estimativas de componentes de (co)variância e valores genéticos foi utilizado o modelo:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha} + \mathbf{e}$$

em que: \mathbf{y} é o vetor de observações para cada característica; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de efeitos fixos (grupo contemporâneo e como co-variável a idade e o peso); $\boldsymbol{\alpha}$ é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos, em que $\boldsymbol{\alpha} \sim N(0, \mathbf{G})$, com $\mathbf{G} = \mathbf{A}\sigma_a^2$, em modelos unicaracterística, na abordagem baseada no pedigree, e $\boldsymbol{\alpha} \sim N(0, \mathbf{H}\sigma_a^2)$ na abordagem genômica, em que σ_a^2 é a variância genética aditiva, \mathbf{A} é a matriz de numeradores de parentesco e \mathbf{H} é a matriz de parentesco que combina informações de parentesco baseadas no pedigree e em dados genômicos; \mathbf{X} é a matriz de incidência dos efeitos fixos; \mathbf{Z} é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos; e \mathbf{e} é o vetor de efeitos residuais, em que $\mathbf{e} \sim N(0, \mathbf{R})$, com $\mathbf{R} = \mathbf{I}\sigma_e^2$, em modelos unicaracterística.

Para as análises multicaracterísticas, a estrutura de (co)variância entre as características foi modelada como:

$$\mathbf{Var} \begin{bmatrix} \alpha \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \otimes \mathbf{G}_0 & 0 \\ 0 & \mathbf{I} \otimes \mathbf{R}_0 \end{bmatrix}$$

em que

$$\mathbf{G}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{\alpha 1}^2 & \sigma_{\alpha 1\alpha 2}^2 & \sigma_{\alpha 1\alpha 3}^2 & \sigma_{\alpha 1\alpha 4}^2 & \sigma_{\alpha 1\alpha 5}^2 \\ & \sigma_{\alpha 2}^2 & \sigma_{\alpha 2\alpha 3}^2 & \sigma_{\alpha 2\alpha 4}^2 & \sigma_{\alpha 2\alpha 5}^2 \\ & & \sigma_{\alpha 3}^2 & \sigma_{\alpha 3\alpha 4}^2 & \sigma_{\alpha 3\alpha 5}^2 \\ & & & \sigma_{\alpha 4}^2 & \sigma_{\alpha 4\alpha 5}^2 \\ & & & & \sigma_{\alpha 5}^2 \end{bmatrix}$$

simétrico

é a matriz de (co)variância entre as características devido aos efeitos genéticos aditivos de animal;

\mathbf{A} é a matriz de relacionamento genético aditivo; e

$$\mathbf{R}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e 1}^2 & \sigma_{e 1e 2}^2 & \sigma_{e 1e 3}^2 & \sigma_{e 1e 4}^2 & \sigma_{e 1e 5}^2 \\ & \sigma_{e 2}^2 & \sigma_{e 2e 3}^2 & \sigma_{e 2e 4}^2 & \sigma_{e 2e 5}^2 \\ & & \sigma_{e 3}^2 & \sigma_{e 3e 4}^2 & \sigma_{e 3e 5}^2 \\ & & & \sigma_{e 4}^2 & \sigma_{e 4e 5}^2 \\ & & & & \sigma_{e 5}^2 \end{bmatrix}$$

simétrico

é a matriz de (co)variância entre as características devido aos efeitos residuais, \mathbf{I} é a matriz identidade ($N \times N$, em que N representa o número de observações para cada característica) e \otimes é o operador do produto Kronecker.

A inclusão da informação genômica nos modelos pelo método ssGBLUP foi realizada pela substituição da inversa da matriz \mathbf{A} (\mathbf{A}^{-1}) pela inversa da matriz \mathbf{H} (\mathbf{H}^{-1}), de modo que \mathbf{H}^{-1} foi calculada de acordo com Aguilar et al. (2010), como:

$$\mathbf{H}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} + \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{G}^{-1} - \mathbf{A}_{22}^{-1} \end{bmatrix}$$

em que A^{-1} é a inversa da matriz de parentesco baseada na informação de pedigree, G^{-1} é a inversa da matriz de parentesco genômico e A_{22}^{-1} é a inversa da matriz de parentesco baseada no *pedigree* apenas para animais genotipados. Para o cálculo de G , α e β foram fixados em 0,95 e 0,05, respectivamente, que são valores padrões (*default*) do programa PREGSF90 (MISZTAL et al., 2014) para criar uma matriz G ponderada como $0,95G_b + 0,05A_{22}$ (para evitar problemas de singularidade), em que G_b foi criado usando o primeiro método descrito por VanRaden (2008), como:

$$G_b = \frac{(M - P)(M - P)'}{2 \sum_{j=1}^m p_j(1 - p_j)}$$

em que M é uma matriz com m colunas (m = total de marcadores) e n linhas (n = total de animais genotipados), que especifica quais alelos do marcador cada indivíduo herdou; e P é uma matriz que contém a frequência do segundo alelo (p_j), expressa como $2p_j$. M_{ij} é assumido como 0 se o genótipo do indivíduo i para o SNP s_j é homocigoto para o primeiro alelo, 1 se o genótipo é heterocigoto, e 2 se o genótipo é homocigoto para o segundo alelo. As frequências alélicas observadas foram utilizadas.

As acurácias dos valores genéticos para análises uni e multicaracterísticas, com uso das matrizes de parentesco A e H , foram calculadas de forma teórica. O cálculo foi realizado com base nos erros padrão da predição (*Standard Error of Prediction* – SEP) estimados a partir da inversa das equações de modelos mistos, de acordo com a equação proposta pela *Beef Improvement Federation* (BIF, 2018), como segue:

$$Acc_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{PEV_{jj}}{\sigma_{a_j}^2}}$$

em que: $PEV_{jj} = SEP_{ij}^2$, de modo que SEP é o erro padrão de predição liberado na saída do programa BLUPF90 para o valor genético (genômico) estimado ((G)EBV) do animal i para a característica j e $\sigma_{a_j}^2$ é a variância genética aditiva da característica j .

Foram calculadas as correlações de *Pearson* entre os (G)EBVs preditos nas distintas análises, apenas com modelo unicaracterística. O cálculo da correlação de *Pearson* é dado como:

$$p = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

em que: p é o Coeficiente de Correlação de *Spearman*; d_i^2 é o quadrado da diferença entre as ordenações; e n é o número de pares de ordenações.

O Coeficiente de Correlação de *Spearman* foi utilizado para investigar as alterações de classificação dos animais com bases nos valores genéticos (EBV) e genômicos (GEBV).

3. Resultados

3.1 Estatísticas descritivas dos dados fenotípicos

Devido às restrições realizadas para o ajuste das características, assim como para a composição de *frame score*, algumas informações fenotípicas de diferentes animais foram descartadas. Deste modo, o número de observações utilizadas para as análises variou de 667 para PER30 a 765 para AOL30 (Tabela 1).

Tabela 1 Estatística descritiva para *Frame score* e características de carcaça mensuradas in vivo em ovinos Santa Inês.

Característica	N	Média	DP	CV	Mínimo	Máximo
AOL30 (cm ²)	765	4,86	1,35	27,75	1,66	10,60
POL30 (cm)	763	1,37	0,29	20,87	0,72	2,76
EGS30 (cm)	679	0,92	0,48	52,35	0,00	2,73
PP30 (cm)	667	21,40	4,65	21,74	9,66	36,77
Frame (1 a 9)	699	4,39	1,38	31,51	1,00	9,00

N: tamanho amostral; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; AOL30: Área de olho de lombo ajustada para 30 kg; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg; EGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg; PP30: circunferência da perna ajustada para 30 kg.

3.2. Estimativas de herdabilidade

Os componentes de variância e parâmetros genéticos estimados para as características de carcaça e *Frame Size* foram obtidos com uso de diferentes matrizes de parentesco (Tabela 2). As estimativas de herdabilidade (h^2) obtidas com uso da matriz **A** apresentaram baixa magnitude para

Frame Size, tanto na análise unicaracterística (0,042±0,04) quanto com uso do modelo multicaracterística (0,147±0,05). Por outro lado, com o uso da matriz **H**, as estimativas de herdabilidade para *Frame Size* variaram de (0,067±0,05 e 0,187±0,06 utilizando análise unicaracterística e multicaracterística, respectivamente, apresentando uma herdabilidade de baixa a moderada magnitude, conforme esperado para um conjunto de dados pequeno. Neste estudo, as estimativas de herdabilidade foram classificadas como baixa (<0,10), moderada (0,10 a 0,30) e alta (>0,30).

Tabela 2 Estimativas de componentes de variância e herdabilidade para características de carcaça e *Frame size* em ovinos da raça Santa Inês com uso de diferentes matrizes de parentesco.

Característica	UNI			MULTI		
	σ_a^2	σ_e^2	$h^2 \pm \text{DPP}$	σ_a^2	σ_e^2	$h^2 \pm \text{DPP}$
A						
AOL30 (cm ²)	0,51	0,61	0,45±0,09	0,56	0,59	0,49±0,08
POL30 (cm)	0,02	0,02	0,39±0,08	0,02	0,02	0,47±0,07
EGS30 (mm)	0,01	0,13	0,08±0,06	0,02	0,13	0,17±0,05
PP30 (cm)	1,71	3,50	0,33±0,10	2,28	3,45	0,40±0,09
FRAME (1a 9)	0,0005	0,01	0,04±0,04	0,002	0,01	0,15±0,05
H						
AOL30(cm)	0,43	0,70	0,38±0,08	0,44	0,70	0,39±0,08
POL30 (cm)	0,01	0,03	0,36±0,08	0,02	0,03	0,40±0,06
EGS30 (mm)	0,02	0,13	0,13±0,07	0,03	0,13	0,18±0,05
PP30 (cm)	1,67	3,56	0,32±0,09	1,91	3,73	0,34±0,07
FRAME (1a 9)	0,001	0,01	0,07±0,05	0,002	0,01	0,19±0,06

AOL30: Área de olho de lombo ajustada para 30 kg; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg; EGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg; PP30: circunferência da perna ajustada para 30 kg. UNI: análise unicaracterística; MULTI: análise multicaracterística; σ_a^2 : variância genética aditiva; σ_e^2 : variância residual; h^2 : herdabilidade; DPP: desvio padrão *a posteriori*; **A**: matriz de parentesco tradicional; **H**: matriz genômica combinada com a matriz de parentesco tradicional.

3.3. Estimativas de correlação genética

As correlações genéticas entre as características avaliadas estão apresentadas na Tabela 3. Para melhor entender a relações entre as características em estudo, os resultados das correlações genéticas foram considerados como baixa (<0,60), moderada (0,60 a 0,80) e alta (>0,80). Percebe-se que, independente da matriz de parentesco utilizada, as correlações genéticas entre o *Frame Size* e as características de carcaça ajustadas (AOL30, POL30, EGS30 e PP30) foram negativas e de

baixa magnitude, variando de $-0,31$ (Frame Size x EGS30) a $-0,38$ (Frame Size x PER30) na matriz **A**, e de $-0,22$ (Frame Size x EGS30) a $-0,43$ (Frame Size x PER30) na matriz **H**. Por outro lado, as estimativas de correlação genética entre as características de carcaça foram positivas, variando de $0,26$ (EGS30 x PP30) a $0,99$ (EGS30 x PP30) com uso da matriz **A**, e de $0,31$ (EGS30 x PP30) a $0,95$ (AOL30 x POL30) com uso da matriz **H**.

Tabela 3 Correlações genéticas entre características de carcaça e Frame Size em ovinos da raça Santa Inês com uso de diferentes matrizes de parentesco.

Característica	POL30 (cm)	EGS30 (mm)	PP30 (cm)	FRAME (1a 9)
A				
AOL30 (cm ²)	0,99	0,73	0,47	-0,31
POL30 (cm)		0,78	0,55	-0,34
EGS30 (mm)			0,26	-0,31
PP30 (cm)				-0,38
H				
AOL30 (cm ²)	0,95	0,77	0,61	-0,27
POL30 (cm)		0,81	0,75	-0,38
EGS30 (mm)			0,31	-0,22
PP30 (cm)				-0,43

AOL30: área de olho de lombo ajustada para 30 kg; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg; EGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg; PP30: perímetro da perna ajustado para 30 kg; **A**: matriz de parentesco tradicional; **H**: matriz genômica combinada com a matriz de parentesco tradicional.

3.4. Acurácias de valores genéticos

Para *Frame size*, as estimativas de acurácia teórica de valores genéticos com uso do método ssGBLUP (matriz **H**), em modelos uni e multicaracterística, foram maiores do que as estimavas obtidas com uso da matriz de parentesco tradicional (Tabela 4).

Tabela 4 Estimativas de acurácia média para valores genéticos de ovinos Santa Inês avaliados para *Frame size* e características de carcaça ajustadas para 30kg com uso de diferentes matrizes de parentesco em modelos uni e multicaracterísticas.

Característica	A		H	
	UNI	MULT	UNI	MULT
AOL30 (cm ²)	0,16	0,20	0,14	0,17
POL30 (cm)	0,15	0,20	0,14	0,18
EGS30 (mm)	0,03	0,13	0,05	0,13
PP30 (cm)	0,11	0,15	0,11	0,15
FRAME (1a 9)	0,02	0,07	0,03	0,09

AOL30: área de olho de lombo ajustada para 30 kg; POL30: profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg; EGS30: espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg; PP30: perímetro da perna ajustado para 30 kg; **A**: matriz de parentesco tradicional; **H**: matriz genômica combinada com a matriz de parentesco tradicional.

Por outro lado, houve diminuição na acurácia média de valores genéticos para características de carcaça ajustadas para 30kg com uso das diferentes matrizes de parentesco em modelos uni e multicaracterísticas.

3.5. Valores genéticos e classificação dos animais

As correlações entre valores genéticos preditos com uso de BLUP e ssGBLUP, assim como as correlações de Spearman entre as classificações dos animais de acordo com o valor genético predito por ambos os métodos apresentaram magnitude alta (Figuras 1 e 2). As correlações de Spearman variaram de 0,81 (para *frame score*) a 0,94 (para AOL30). As correlações de Pearson entre (G)EBVs foram 0,95 (AOL30), 0,95 (POL30), 0,75 (EGS30), 0,95 (PP30) e 0,93 (*frame score*).

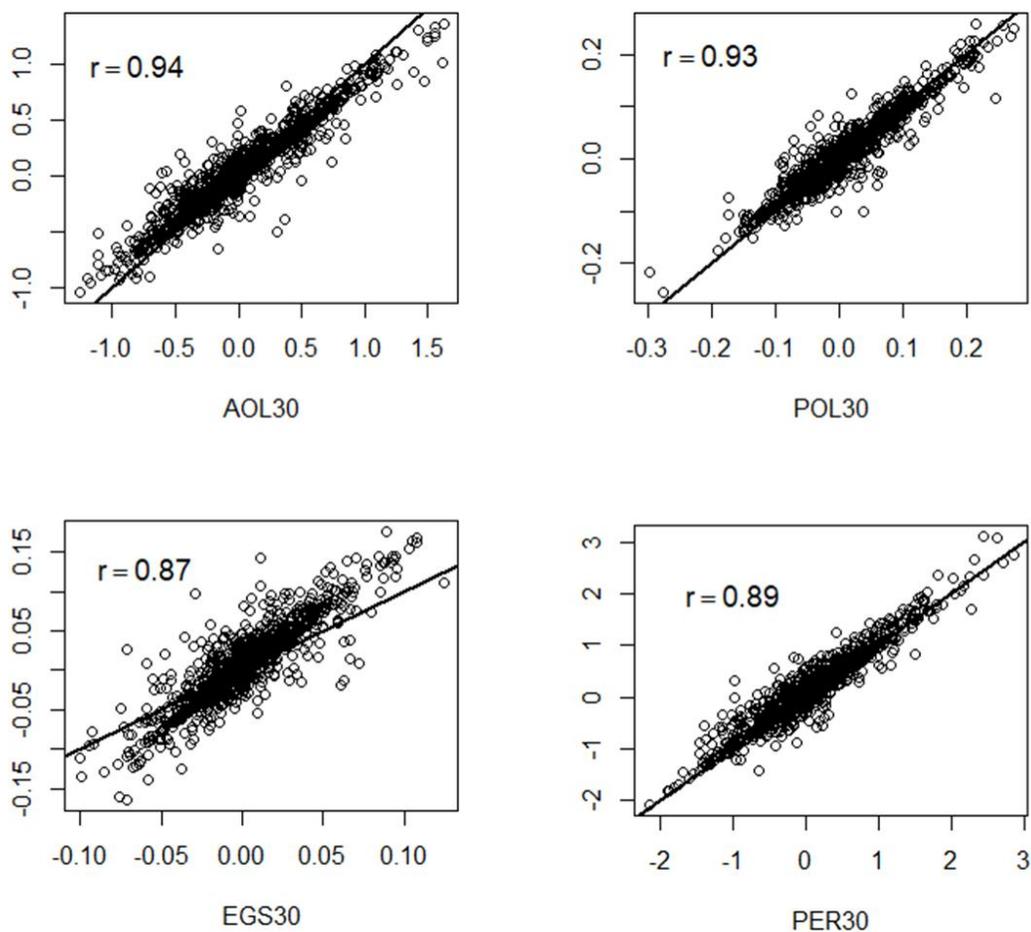


Figura 4 Valores genéticos obtidos com BLUP tradicional (eixo x) e single-step GBLUP (eixo y), e correlação de ordem de Spearman (r) para área de olho de lombo ajustada para 30 kg (AOL30), profundidade de olho de lombo ajustada para 30 kg (POL30), espessura de gordura subcutânea ajustada para 30 kg (EGS30) e circunferência da perna ajustada para 30 kg (PP30) mensurados in vivo em ovinos da raça Santa Inês

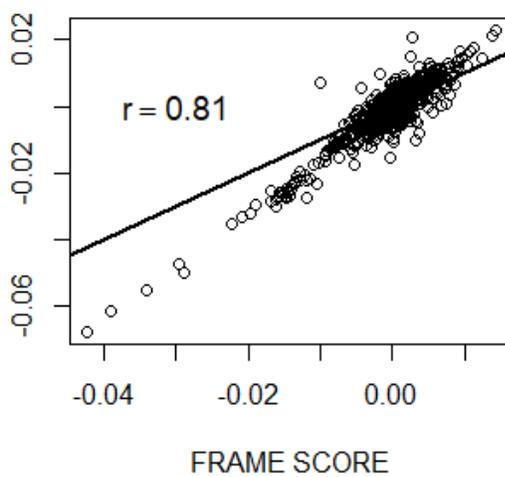


Figura 5 Valores genéticos obtidos com BLUP tradicional (eixo x) e single-step GBLUP (eixo y), e correlação de ordem de Spearman (r) frame score em ovinos da raça Santa Inês.

4. Discussão

4.1. Estimativas de herdabilidade

As características de carcaça foram ajustadas ao peso vivo de 30 kg, para que a população em estudo fosse igualitária no peso e para tentar corrigir os erros operacionais de interpretação por distintos operadores que podem influenciar na qualidade dos resultados (MERCADANTE *et al.*, 2010; SENA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021), e diminuir os efeitos ambientais antes da avaliação genética em estudo (SCHAEFFER, 2019).

As variâncias genéticas aditivas e as estimativas de herdabilidade foram inferiores ao incluir informações genômicas nas análises uni e multicaracterística e foi observado um ligeiro aumento nas estimativas de variância ambiental em todos os cenários, exceto para o EGS30 e *Frame Size*. A diminuição das estimativas de variância e herdabilidade com a inclusão da informação genômica está de acordo com os resultados obtidos por Cesarani *et al.* (2019), em que os autores ressaltam que tal efeito está relacionada com o desequilíbrio de ligação imperfeito existente entre SNPs e mutações causais, que torna a matriz genômica (**G**) incapaz de capturar toda a variância genética da característica em comparação com matriz **A**. Essa limitação em **G** é mais comum em populações de ovinos, por possuírem menor desequilíbrio de ligação em distâncias relativamente curtas, de modo que o uso da matriz de relacionamento genômico poderia estimar de forma mais realista a relação genética entre os indivíduos do que a matriz **A** (MUIR *et al.*, 2007; HAYES *et al.*, 2009; KIJAS *et al.*, 2014; LEGARRA *et al.*, 2014), o que conseqüentemente, possibilita a obtenção de valores genéticos mais precisos.

Além disso, a diminuição na proporção de variância detectada com a inclusão de informação genômica na matriz de parentesco ocorre devido à correção de erros de pedigree antes da construção das matrizes de parentesco e a capacidade da matriz **H** de melhor corrigir os fenótipos da população em estudo.

A variação de moderada a alta magnitude das estimativas de herdabilidade para AOL30 – POL30 e PP30 observadas na Tabela 2 indicam a existência de variabilidade genética considerável na população avaliada, demonstrando a oportunidade de ganhos genéticos com a seleção. Os valores de h^2 para AOL30, EGS30 e PER30 obtidos com uso da matriz **A**, foram superiores aos relatados por Sena *et al.* (2020) em ovinos da raça Santa Inês em análises unicaracterísticas com uso da matriz de parentesco baseada no pedigree (AOL: $0,26 \pm 0,07$; EGS: $0,12 \pm 0,06$; PER: $0,16 \pm 0,07$). É importante destacar que no estudo mencionado acima as características não foram

submetidas a ajustes para peso corporal. As diferenças destas estimativas provavelmente são devido às propriedades específicas de cada população (pedigree e fenótipo) e às covariáveis utilizadas para gerar os resultados (BANEH et al., 2020). No presente estudo, foram incluídas as covariáveis peso vivo e a idade no modelo, conforme Castro et al. (2022), que também incluíram essas informações, permitindo gerar valores genéticos mais precisos para a área do olho do lombo (AOL).

Marestone et al. (2022), avaliando a AOL ajustada para o peso de 100kg e 450 kg (AOL100 e AOL450) em bovinos de corte de raça Nelore, estimaram herdabilidade de $0,42 \pm 0,03$ e $0,38 \pm 0,03$, respectivamente, sendo valores maiores do que as estimativas ($0,31 \pm 0,02$) obtidas para AOL sem ajustar ao peso. Os autores supracitados explicam que essa diferença é devido ao fato de que as áreas de olho de lombo ajustadas ao o peso correspondem a uma medida bidimensional e o peso, que está ligado ao volume que é tridimensional. Isso possibilita a animais da mesma conformação e tamanho ganharem peso em uma taxa proporcionalmente maior do que AOL.

É importante ressaltar que existem poucos estudos disponíveis na literatura sobre estimativas de herdabilidade para área de olho de lombo ajustada ao peso mensurada *in vivo* em ovinos. Os estudos geralmente mostram estimativas de AOL sem ajustar, que variam de baixa a moderada magnitude, por exemplo, Sena et al. (2016) reportaram herdabilidade de $0,20 \pm 0,01$, enquanto Figueiredo Filho et al. (2016) descreveram estimativas de h^2 para AOL de 0,31 em ovinos Santa Inês, demonstrando que o fenótipo AOL é um bom indicador do genótipo do animal para esta característica, indicando a possibilidade de obter ganhos genéticos por meio da seleção direta.

As estimativas para herdabilidade para profundidade de área de olho de lombo variam de 0,26 em ovinos Santa Inês (SENA et al., 2016); $0,23 \pm 0,01$, em ovinos de diferentes raças na Austrália (WALKOM; BROWN, 2017); e $0,32 \pm 0,02$ em ovinos Lleyn (CEYHAN; MOORE; MRODE, 2015). No presente estudo, as estimativas de herdabilidade para POL30 foram de $0,39 \pm 0,08$ (análises uni) e $0,47 \pm 0,07$ (multicaracterística), ambos considerando a matriz A, sugerindo a possibilidade de ganho genético por meio da seleção e que tal característica poderia ser incluída entre os critérios de seleção. Nossos resultados foram superiores a aqueles relatados por Fernandes *et al.* (2004) em ovinos de raça composta na Canada, abordando análise multicaracterística ($0,29 \pm 0,03$). Os autores supracitados sugeriram o uso das características de carcaça ajustadas para o peso constante, porque fornecem informações sobre a proporcionalidade

da carcaça e a taxa de crescimento, respectivamente e a variabilidade nas estimativas dos parâmetros genéticos.

Observa-se que o valor encontrado para herdabilidade de POL30 (Tabela 2) com utilização do modelo uni e multiracaterística com base na matriz **H** é menor do que a estimativa de h^2 quando foi usado o modelo uni e multiracaterística com a matriz **A**, o que é explicado pelo aumento no valor das variâncias ambiental e fenotípica na estimação de h^2 para POL30 feita com a matriz **H**.

Em outro estudo, Mortimer et al. (2014) obtiveram herdabilidade de 0,25 em análise unicaracterística, e concluíram que a profundidade de olho de lombo ajustada para peso (POLadj) reduziu a variação fenotípica, resultando em maiores estimativas de herdabilidade direta a partir das análises de peso comparadas às análises ajustadas por idade. Massender et al. (2018) descreveram herdabilidades de $0,35 \pm 0,06$ para POLadj em análise unicaracterística. Esses resultados foram inferiores aos obtidos em nosso estudo, quando se incorporou a informação genômica nas análises. Essa diferença pode se dever ao tamanho da amostra e o método de estimação usado, além dos diversos fatores que afetam os valores das estimativas de herdabilidade.

Para EGS30, a herdabilidade estimada foi de baixa magnitude (Tabela 2). As estimativas de herdabilidade para EGS30 nas análises unicaracterística, tanto com o uso da matriz **A** ($0,08 \pm 0,06$) e **H** ($0,12 \pm 0,07$) foram inferiores quando comparadas às análises multiracaterística, com valores de $0,16 \pm 0,05$ e $0,18 \pm 0,05$, respectivamente. Esses resultados são similares a aqueles reportados por Sena *et al.* (2020), em ovinos Santa Inês, em análise unicaracterística usando a matriz **A** ($0,12 \pm 0,06$) e matriz **H** ($0,20 \pm 0,07$), e em análise multiracaterística com a matriz **A** ($0,17 \pm 0,05$) e **H** ($0,20 \pm 0,04$). Kiya *et al.* (2019), avaliando ovinos de raça Dorper no Brasil, estimaram herdabilidade de $0,10 \pm 0,05$ para EGS com uso de ultrassom, atribuindo essa herdabilidade à baixa variabilidade genética do rebanho. Diferente de nossos resultados, Brito et al. (2017) avaliando ovinos de múltiplas raças na Nova Zelândia, estimaram herdabilidade genômica de $0,33 \pm 0,01$ para EGSadj mensurados por ultrassom, descrevendo um aumento das estimativas de EGSadj com a inclusão de informação genômica no rebanho de estudo.

É importante notar que a precisão das estimativas de herdabilidade para EGSadj melhorou no estudo que incluiu dados genômicos. A herdabilidade baixa encontrada em nosso estudo para EGS30 deve-se, possivelmente, à baixa variabilidade genética, sendo uma característica sensível que é influenciada por fatores como nutrição, escore de condição corporal e idade do animal.

Para a característica *Frame Size*, as estimativas de herdabilidade foram de baixa magnitude (Tabela 2), indicando que a maior parte da variação fenotípica nessa característica é influenciada por efeitos ambientais. São escassos os relatos de estimativas de parâmetros genéticos para *Frame Size* em pequenos ruminantes. Por conta disto, não foram encontrados na literatura estimativas de herdabilidade para esta característica em ovinos Santa Inês, limitando-se, em sua maioria, às espécies Taurina e Zebuína com aptidão de produção de carne. Em relação à inclusão de informação genômica em pesquisas para estimação de parâmetros genéticos de características dessa natureza, as informações são ainda mais limitadas. Possivelmente, o presente estudo está entre os poucos que estimaram herdabilidade genômica para *Frame Size* em ovinos Santa Inês.

O *Frame Size* geralmente é uma associação entre a altura da grupa e a idade, que foi desenvolvida para bovinos de corte *Bos Taurus* (BIF, 2018) e é utilizada para descrever de forma numérica o tamanho do esqueleto do animal, que posteriormente servirá para adequar o tamanho do animal ao sistema de exploração, cujas estimativas de herdabilidade apresentaram magnitude moderada na espécie bovina. Horimoto et al. (2006) relataram estimativa de herdabilidade de $0,26 \pm 0,03$. No referido estudo, os escores de *Frame* foram categorizados a partir de uma equação de predição que incluiu o peso e a altura da garupa a uma idade de 18 meses em gado Nelore em análise unicaracterística, de modo que os autores obtiveram herdabilidade de $0,23 \pm 0,03$ para *Frame*, por meio das equações estabelecidas pela BIF (2002). Apesar dos resultados relatados por Horimoto et al. (2006), é importante notar que houve aumento nas estimativas de herdabilidade quando foi usada a equação proposta pelos autores supracitados para esse grupo de animais, considerando a utilização de novas equações que se adequem a cada espécie e a cada sistema, permitindo uma maior resposta à seleção genética nesse grupo de animais.

Torres et al. (2012) relataram herdabilidade de $0,42 \pm 0,08$ para o *Frame Size* em bovinos Simmental x Simbrah. Ríos-Utrera et al. (2018) relataram herdabilidade moderada (0,25), sugerindo que o ganho genético por meio da seleção direta da característica *Frame Size* ajustado para 365 dias de idade em gado Nelore pode ser lento. Enquanto isso, Negreiros et al. (2022) relataram herdabilidade de $0,32 \pm 0,09$, considerada como de magnitude moderada comparada com as reportadas por Mercadante et al. (2007) em gado Nelore (0,63 e 0,48), em análise unicaracterística. Percebe-se que, de acordo com a literatura citada, as estimativas de herdabilidade variaram de moderada a alta magnitude. No entanto, essa estimativa é dependente da população avaliada, além da metodologia para estimar os escores de *frame*, podendo interferir na estimação

dos componentes de (co) variância e, conseqüentemente, nas estimativas de herdabilidade. Em nosso estudo, as estimativas de herdabilidade para *Frame Size* foram de baixa magnitude e o uso da informação genômica não proporcionou grandes mudanças na obtenção das herdabilidades. De qualquer modo, considerar o *frame* dentro de um rebanho é importante para adequar o *Frame Size* do animal aos sistemas que utilizados por cada produtor.

De forma geral, a inclusão de dados genômicos permite a obtenção de resultados de maior confiança nas estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos. Além disso, o uso de informação genômica proporciona estimativas mais acuradas de valor genético, mais próximos aos valores verdadeiros, inclusive para características com herdabilidade baixa ou moderada. É importante destacar a importância da avaliação contínua da herdabilidade para diferentes características em uma população específica ao longo do tempo e entre populações. Nesse sentido, a inclusão de características de carcaça ajustadas ao peso pode gerar diferentes resultados, inclusive em uma mesma população.

4.2. Estimativas de correlações genéticas

As estimativas de correlação genética entre as características de carcaça (AOL30, POL30, PER30 e EGS30) foram positivas (Tabela 3), indicando que a seleção para aumentar qualquer uma destas, possivelmente resultaria de forma indireta na melhora das demais características mensuradas no músculo *Longissimus dorsi*. Desta forma, será possível reduzir o número de características a serem selecionadas, porém, a seleção para o aumento das características de carcaça tenderia a resultar em mudanças favoráveis em vários aspectos da qualidade da carne.

A maior correlação genética foi observada entre AOL30 e POL30, tanto com uso da matriz **A** como da matriz **H**, respectivamente, 0,99 e 0,95. Esse fato poderia ser explicado porque essas são características que formam parte da região do músculo *Longissimus dorsi*, e possivelmente são controladas por um conjunto semelhante de genes que estejam agindo sinergicamente. Portanto, a seleção indireta para AOL30 baseada em POL30 poderia proporcionar ganhos genéticos satisfatórios no rebanho. Em uma revisão de literatura, Safari et al. (2005) relataram correlação genética positiva entre a AOL com POL (0,99), similar ao obtido em nosso estudo.

Percebe-se que as correlações genéticas entre EGS e AOL (0,73 e 0,77) e entre EGS e POL (0,78 e 0,81) foram de moderada a alta magnitude. Apesar de serem correlações positivas, têm um efeito desde o ponto de vista nutricional, porque existe grande demanda energética para a deposição

de gordura e baixa demanda na deposição de tecido muscular. Do ponto de vista da aceitação pela indústria a presença adequada e uniforme de EGS de 2 mm até 4 mm, de acordo com Moreno; Boaventura, 2016, assegura o sabor e suculência da carne e assume um papel fundamental na proteção da carcaça, uma vez que desempenha a função de prevenir o encurtamento das fibras musculares durante o processo de resfriamento, animais com baixo EGS para o abate acarreta em penalizações, pela indústria, devido à alta incidência de *cold-shortening* (escurecimento, desidratação e endurecimento da carne). As correlações mencionadas acima poderiam ser usadas pelo produtor na toma de decisões sobre os mercados e as demandas do consumidor e os principais centros comerciais, onde os cortes cárneos seriam utilizados, e diversas vezes, na culinária ‘gourmet’ (PAULA, 2017) que seriam atingidos, porque a seleção baseada em AOL30; POL30 e PER30 aumentaria a EGS30, porém, aumentaria os altos teores de gordura que poderiam ser usados no valor comercial e qualidade da carcaça dependendo das demandas do mercado a ser atingido.

Correlações genéticas positivas desfavoráveis foram descritos por Sena *et al.* (2020) em ovinos Santa Inês, entre EGS e AOL ($0,95 \pm 0,03$ e $0,98 \pm 0,02$) e entre a circunferência da perna e EGS ($0,21 \pm 0,23$ e $0,51 \pm 0,16$), sugerindo que a seleção baseada nestas características para melhorar as características da carcaça poderiam resultar em aumento desfavorável na espessura de gordura. Brown e Swan (2016) relataram correlação genética moderada entre EGS e POL ($0,62 \pm 0,02$) em ovinos da raça Merino, indicando que as correlações genéticas entre essas características podem mudar ligeiramente entre os estágios de idade dos diferentes conjuntos de dados. Mortimer *et al.* (2018) obtiveram estimativas de correlação genética negativa e de baixa magnitude entre POL e EGS ($-0,18 \pm 0,13$) em ovinos Merino. Kaseja *et al.* (2023) relataram correlação genética positiva entre área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea ($0,37 \pm 0,023$), descrevendo prováveis efeitos pleiotrópicos sobre essas duas características.

As correlações genéticas entre o *Frame Size* e as características de carcaça (AOL30; POL30; PER30; EGS30) foram negativas e de baixa magnitude, variando de -0,22 a -0,43 (Tabela 3). Esses valores evidenciam que poucos genes em comum estão envolvidos na expressão dessas características, conseqüentemente, a seleção baseada em uma delas não causaria melhorias significativas na outra. Porém, ao selecionar animais de menor *Frame Size*, poderíamos selecionar animais com menor exigência nutricional e, conseqüentemente, animais precoces com melhores características de carcaça.

Nesse sentido, a melhor conformação da carcaça tende a apresentar menor proporção de osso e maior porção comestível. Dessa forma, em ovinos as carcaças de qualidade devem apresentar elevada proporção de músculos, baixa proporção de ossos e quantidade adequada de gordura intramuscular para garantir a suculência e o sabor da carne (EIRAS et al., 2014), sendo que animais que possuem *Frame Size* pequeno se caracterizam por dimensões esqueléticas menores e boa expressão muscular (Horimoto et al. 2006; MOTA, 2014).

Assim, o aumento do tamanho corporal em ovinos demandaria mais consumo de energia e mais exigências de manutenção no rebanho (POSBERGH et al., 2020). Não foram encontrados na literatura pesquisas relatando resultados de correlações genéticas entre características de carcaça ajustadas a 30 kg e *Frame Size* em ovinos.

Em bovinos de corte, Barros (2022) apresentaram correlação genética negativa de baixa magnitude entre o *Frame Size* e as características de carcaça ajustadas a 100 kg (AOL100; EGS100), musculosidade e precocidade em gado Nelore, respectivamente, com valores de -0,22; -0,27; -0,33 e -0,55; indicando que o *Frame Size* pode ser utilizado como critério de seleção para o rebanho sob estudo se tem a intenção de selecionar animais mais precoces, sem prejudicar a deposição de musculatura e, com o passar do tempo e as gerações pode levar ao incremento de gordura na carcaça. Negreiros et al. (2022), descreveram correlação genética negativa e de baixa magnitude entre o *Frame Size* e EGS (-0,25) em animais de raça Nelore, sugerindo que a seleção de animais com *Frame grande* a curto prazo não afetaria EGS.

4.3. Acurácias teóricas de valores genéticos estimados

De modo geral, as médias de acurácia obtidas no presente estudo com inclusão de informação genômica (ssGBLUP) ou com uso apenas da matriz de parentesco tradicional (BLUP) foram baixas. Isso pode ser atribuído ao pequeno número de animais genotipados em comparação à quantidade de animais com informações fenotípicas para todas as características, como mencionado por Gordo et al. (2016). Assim, é recomendada a continuação no processo de avaliação genética, com a inclusão de mais informações de animais genotipados e informações fenotípicas, para a criação de uma maior população de treinamento para viabilizar a implementação de seleção genômica para características de carcaça e *frame size* em ovinos Santa Inês.

A adoção de um modelo multicaracterística resultou em maiores acurácias, em comparação aos modelos unicaracterística (Tabela 4). A análise multicaracterística utiliza mais informações para avaliação dos animais, o que resulta em estimativas mais acuradas de valor genético para as características avaliadas, devido à redução da variância dos erros de predição (Schaeffer, 1984). A aplicação prática da acurácia teórica de (G)EBVs para ovinocultores se deve à possibilidade da obtenção da estimativa de acurácia individualmente para cada animal candidato à seleção, o que é importante para decisões de rotina sobre a seleção e descarte de animais (Brito et al., 2017a).

4.4. Estimativas de correlação e classificação de animais

As estimativas de alta magnitude observadas para todas as correlações de *Spearman* entre os ranks dos animais com base em seus valores genéticos obtidos nos diferentes cenários representam pouca alteração na classificação dos animais avaliados quando foi utilizada a informação genômica para a predição do valor genético (Figuras 1 e 2). As correlações de rank mostraram que a baixa discrepância na reclassificação dos animais corrobora as pequenas diferenças observadas entre as acurácias médias obtidas com a inclusão de informação genômica no modelo.

5. Conclusão

As características de carcaça mensuradas *in vivo* ajustadas para 30kg de peso vivo apresentam variação genética suficiente para viabilizar a seleção genética direta ou indireta em ovinos da raça Santa Inês. Para *Frame size*, as estimativas obtidas mostram que a seleção direta será pouco eficiente para este fenótipo e a seleção indireta com base nas demais características também teria pouco resultado sobre a estrutura corporal. A utilização de modelos multicaracterísticas resultou em parâmetros genéticos mais acurados para todas as características avaliadas, independente da inclusão de informação genômica. As correlações genéticas observadas entre as características de carcaça indicam que estas necessitam serem consideradas simultaneamente em um índice de seleção para evitar ganhos genéticos indesejados. A utilização do método *single-step* GBLUP proporcionou a estimação de valores genéticos mais acurados para *Frame size*, enquanto para as demais características a inclusão de informação genômica não resultou necessariamente no aumento da acurácia. Do mesmo modo, o uso do ssGBLUP proporcionou pouca alteração na classificação dos animais considerados geneticamente melhores com base no BLUP tradicional.

Referências

- ALVES, Aldivan Rodrigues et al. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região sul do estado do Maranhão, Brasil. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v. 24, n. 3, p. 515-524, 29 set. 2017. <http://dx.doi.org/10.35172/rvz.2017.v24.287>.
- BANEH, Hasan et al. Genetic analysis of reproductive characteristics in Iran-Black sheep. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, [S.L.], v. 42, p. 1-8, 30 jan. 2020. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.47380>.
- BIF. Beef Improvement Federation, Prairie, MS, USA. Taylor GJ, Swanepoel FJC, Webb EC and Stroebel A. Effect of heifer frame size on their subsequent reproductive performance and preweaning performance of their calves. **Austral Journal ExpAgric**. 2002;48:945-949.
- BIF. Beef Improvement Federation. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, 9th Ed. 2018.
- Brito, L.F., McEwan, J.C., Miller, S., Bain, W., Lee, M., Dodds, K., Newman, S.A., Pickering, N., Schenkel, F.S, Clarke, S., 2017b. Genetic parameters for various growth, carcass and meat quality traits in a New Zealand sheep population. **Small Ruminant Res**. 154, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.07.011>.
- BRITO, Luiz F. et al. Prediction of genomic breeding values for growth, carcass and meat quality traits in a multi-breed sheep population using a HD SNP chip. **Bmc Genetics**, v. 18, n. 1, p. 1-17, 26 jan. 2017a. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12863-017-0476-8>.
- BROWN, D. J.; SWAN, A..Genetic importance of fat and eye muscle depth in Merino breeding programs. **Animal Production Science**, v. 56, n. 4, p. 690-697, 7 jul. 2016. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an14645>.
- CESARANI, A. et al. Genomic selection of milk fatty acid composition in Sarda dairy sheep: effect of different phenotypes and relationship matrices on heritability and breeding value accuracy. **Journal Of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3189-3203, 4 abr. 2019. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-15333>.
- CEYHAN, Ayhan; MOORE, Kirsty; MRODE, Raphael. The estimation of (co)variance components growth, reproduction, carcass, FECS and FECN traits in Lleyn sheep. **Small Ruminant Research**, v. 131, p. 29-34, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.07.024>.
- CHENG, Weiwei et al. Marbling analysis for evaluating meat quality: Methods and techniques. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 5, p. 523-535, 2015.
- CHRISTENSEN, Ole F; LUND, Mogens s. Genomic prediction when some animals are not genotyped. **Genetics Selection Evolution**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 27 jan. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1297-9686-42-2>.

EIRAS, C. et al. Ultrassonografia na avaliação da composição corporal de ruminantes: Revisão. **Revista Campo Digital**, v. 9, n. 2, 2014.

FERNANDES, T. et al. Estimates of genetic parameters for ultrasound- measured carcass traits in sheep. **Animal Science**, Sn, p. 361-365, 13 maio 2004.

FIRETTI, R. et al. Identificação de Demanda e Preferências no Consumo de Carne Ovina com Apoio de Técnicas de Estatística Multivariada. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, p. 679-692, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550404>.

HAYES, B. et al. Increased accuracy of artificial selection by using the realized relationship matrix. **Genetics Research**, v. 91, n. 1, p. 47-60, fev. 2009. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1017/s0016672308009981>.

HENCHION, M. et al. Review: trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock syst. **Animal**, v. 15, p. 100287, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.animal.2021.100287>.

KASEJA, K. et al. Including genotypic information in genetic evaluations increases the accuracy of sheep breeding values. **Journal of Animal Breeding And Genetics**, v. 1, n. 1, p. 1-10, abr. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jbg.12771>.

KIJAS, J. et al. Linkage disequilibrium over short physical distances measured in sheep using a high-density SNP chip. **Animal Genetics**, v. 45, n. 5, p. 754-757, 17 jul. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/age.12197>.

KIYA, C. et al. Estimates of the genetic parameters of a Dorper flock in Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 171, p. 57-62, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.007>.

LEGARRA, A. et al. Within- and across-breed genomic predictions and genomic relationships for Western Pyrenees dairy sheep breeds Latxa, Manech, and Basco-Béarnaise. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 97, n. 5, p. 3200-3212, maio 2014. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7745>.

LEGARRA, A.; AGUILAR, I.; MISZTAL, I. A relationship matrix including full pedigree and genomic information. **Journal Of Dairy Science**, v. 92, n. 9, p. 4656-4663, set. 2009. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2061>.

MANNO, M. et al. Behavioral aspects of Santa Inês sheep kept in pasture in a tropical rain forest climate. **Ciência Rural**, v. 49, n. 1, p. 1-8, 24 dez. 2019. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180033>.

MARESTONE, B. et al. Genetic parameters for traditional and novel ultrasound carcass traits in Nellore cattle. **Tropical Animal Health And Production**, v. 54, n. 1, p. 1-7, 3 jan. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-021-03028-z>.

MASSENDER, E et al. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter end points in crossbred heavy lambs1. **Journal Of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 521-535, 30 nov. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jas/sky455>.

MENESES, Abner José Girão et al. Avaliação bioeconômica da terminação de ovinos sob pastejo utilizando torta de mamona. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, p. 1-13, 20 dez. 2023. Fa pUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v24e-73410p>.

Mercadante ME, Razook AG, Cyrillo JN, Figueiredo LA. Caracterização do tamanho de animais Nelore com base na tabela da Federação Americana de Melhoramento de Gado de Corte (BIF). **Proc Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**, Pirassununga, Brasil, 2004; <http://sbmaonline.org.br/anais/v/trabalhos/pdfs/bc007.pdf>.

Mercadante, M. et al. Classification of Nelore cattle frames based the table of Beef Improvement Federation(BIF). **Bulletin of Husbandry**, 64(2), p.91-95,2007.

MERCADANTE, M.et al. Repetibilidade da mensuração de imagens das características de carcaça obtidas por ultrassonografia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 752-757, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000400008>.

MISZTAL, I. et al. Computing procedures for genetic evaluation including phenotypic, full pedigree, and genomic information. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 9, p. 4648-4655, set. 2009. **American Dairy Science Association**. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2064>.

MORENO, G.; BOAVENTURA NETO, O. Avaliação e cortes da carcaça em ovinos e caprinos. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 19, n. 2, p. 32-41, 2016.

MORTIMER, S I et al. Genetic Parameters Revisited for Ultrasound Scanning Traits in Australian Sheep. v. 2, n. 1, p. 1-3, 31 ago. 2014. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2556.8641>.

MORTIMER, S. et al. Genetic parameters revisited for ultrasound scanning traits in Australian sheep. Paper presented at the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 17–22 August 2014, Vancouver, Canada.

MUIR, W. et al. Comparison of genomic and traditional BLUP-estimated breeding value accuracy and selection response. **Journal of Animal Breeding And Genetics**, v. 124, n. 6, p. 342-355, 7 dez. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0388.2007.00700.x>.

NEGREIROS, M. et al. Selection criteria for frame score and its association with growth-, reproductive-, feed efficiency. **Animal Production Science**, v. 62, n. 16, p. 1551-1562, 24 jun. 2022. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an22054>.

OLIVEIRA, E. et al. Genetic parameters for body weight and morphometric traits in Santa Inês sheep using Bayesian inference. **Small Ruminant Research**, [S.L.], v. 201, n. 1, p. 106446-106451, 2 ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106446>.

PAULA, R. et al. Influência de diferentes métodos de castração sobre as características de carcaça e carne de ovinos. **Anais da Semana do Curso de Zootecnia-SEZUS**, v. 10, n. 1, 2017.

POSBERGH, C. J. et al. All sheeps and sizes: a genetic investigation of mature body size across sheep breeds reveals a polyg. **Animal Genetics**, Montana, v. 52, n. 1, p. 99-107, 28 set. 2020.

RÍOS-UTRERA, Ángel et al. Genetic parameters for scrotal circumference, frame score and yearling weight of Mexican Charolais a. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 31, n. 3, p. 204-212, jul. 2018. Universidad de Antioquia. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v31n3a05>.

SCHAEFFER, Lawrence R. **Animal models**. Volumes Direct, 2019.

SENA, L. et al. Genetic evaluation of tropical climate-adapted sheep for carcass traits including genomic information. **Small Ruminant Research**, v. 188, n. 188, p. 106120-106125, 13 abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106120>.

SENA, L. et al. Genetic parameters for carcass traits and body size of meat sheep. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 41, p. 2477-2485, 2 set. 2016. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4supl1p2477>.

SILVA, Isabella Guartieri da et al. Demanda Potencial e Aspectos Mercadológicos do Consumo de Carne Ovina em Presidente Prudente, São Paulo. **Ensaio e Ciências, São Paulo**, v. 26, n. 4, p. 407-412, 01 fev. 2022.

TORRES, J. et al. Parámetros genéticos y fenotípicos para peso al año, circunferencia escrotal y talla en ganado Simmental y Simbrah en México. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 3, n. 3, p. 291-298, 13 fev. 2012.

URBANO, S. et al. Lamb feeding strategies during the pre-weaning period in intensive meat production systems. **Tropical And Subtropical Agroecosystems**, v. 20, n. 1, p. 49-63, 13 fev. 2017.

URBANO, S. et al. Nutrient Intake, Performance, Carcass Characteristics, Meat Quality, and Cost Analysis of Sheep Submitted to Intermittent Supplementation on Masai Grass Pastures. **Animals**, v. 13, n. 7, p. 1267, 6 abr. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani13071267>.

WALKOM, S.; BROWN, D. Genetic evaluation of adult ewe body weight and condition: relationship with lamb growth, reproduction, carcass and wool production. **Animal Production Science**, v. 57, n. 1, p. 20, 2017. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an15091>

YAVARIFARD, R. et al. Estimation of genetic parameters for reproductive traits in Mehraban sheep Czech **Journal of Animal Science**, v. 60, n. 6, p. 281-288, 30 jun. 2015. Czech Academy of Agricultural Sciences. <http://dx.doi.org/10.17221/8242-cjas>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de um modelo para estimação de escores de *Frame size* para ovinos da raça Santa Inês que corresponda às práticas de manejo comumente utilizadas em sistemas de produção ovina é primordial para consolidar como uma ferramenta à disposição dos produtores em processos de tomada de decisão no melhoramento genético e no gerenciamento dos rebanhos.

A estimação dos escores de *Frame size* como uma característica permitiu relacionar os efeitos do *Frame size* com as características de carcaça. As respostas obtidas com a utilização de dados genômicos, em comparação às análises com uso apenas de informação fenotípica e de pedigree, para estimação de parâmetros genéticos e acurácia de valores genéticos, mostraram que a seleção para as características em estudo será realizada de maneira mais confiável se houver inclusão de informação genômica e a inclusão do *Frame size* poderia ser utilizada como critério de seleção no rebanho em estudo quando a intenção for selecionar animais mais precoces sem prejudicar a musculabilidade e gordura na carcaça.

Entretanto, maiores estudos ainda precisam ser realizados com o objetivo de testar novos modelos e variáveis dependentes visando adequar a utilização dos escores para *Frame size* em ovinos às práticas de manejo comumente utilizadas nos sistemas de produção de ovinos na região Nordeste do Brasil. No sentido da parte genética precisa-se de mais estudos para obter melhor avaliação da relação genética entre o *Frame size* e o desenvolvimento da carcaça em ovinos Santa Inês, pois a quantidade de informações utilizadas para a característica de *Frame size* foi menor em relação às demais características avaliadas.

A continuação do estudo é importante para avaliar a tendência genética do rebanho avaliado e verificar se está havendo melhoria genética para essa característica ao longo do tempo e estudos de associações genômicas para que sejam introduzidas nos programas de melhoramento genético, visando o melhor entendimento dos mecanismos biológicos e da arquitetura genética desta característica.