

LEANDRO MAGNO DORNELAS E SILVA

**ANÁLISE DE FATORES E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE EM SUÍNOS DE
UMA LINHAGEM COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Renata Veroneze

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586a
2022
Silva, Leandro Magno Dornelas e, 1992-
Análise de fatores e estimação de parâmetros genéticos para
características de carcaça e qualidade de carne em suínos de uma
linhagem comercial / Leandro Magno Dornelas e Silva. –
Viçosa, MG, 2022.

1 dissertação eletrônica (31 f.)

Orientador: Renata Veroneze.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 26-31.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.258>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Suínos - Genética. 2. Suínos - Seleção. 3. Suínos -
Carcaças - Análise. 4. Correlação (Estatística). 5. Carne de porco
- Qualidade - Análise. I. Veroneze, Renata, 1984-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 636.40821

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

LEANDRO MAGNO DORNELAS E SILVA

**ANÁLISE DE FATORES E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE EM SUÍNOS DE
UMA LINHAGEM COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de fevereiro de 2022.

Assentimento:

Leandro Magno Dornelas e Silva

Autor

Renata Veroneze

Orientadora

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Primeiramente agradeço a Deus, nosso criador, que sempre me deu força e persistência, me guiando em cada passo da minha vida.

A Universidade Federal de Viçosa e o Departamento de Zootecnia por tantas oportunidades e a todos os seus funcionários e professores pelo suporte e ensinamentos, em especial minha orientadora Renata Veroneze e coorientador Paulo Sávio Lopes. Ao meu grande amigo e professor Fabyano Fonseca e Silva (*in memoriam*), que tanto contribuiu positivamente na minha vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.

A minha família que é minha base e me ensina os mais importantes valores para a construção do meu caráter, em especial minha mãe Solange, minha avó Graça e meu padrinho Adriano, sem eles essa conquista não seria possível.

Agradeço também aos meus amigos, em especial José Teodoro, Hugo Silva, Pedro Vital e Luis Carreno que sempre estiveram do meu lado, não medindo esforços para me ajudar, dando suporte sempre que eu precisei.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SILVA, Leandro Magno Dornelas e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Análise de fatores e estimação de parâmetros genéticos para características de carcaça e qualidade de carne em suínos de uma linhagem comercial.** Orientadora: Renata Veroneze.

Este estudo teve o objetivo de avaliar a relação entre as características de carcaça e qualidade de carne em suínos de uma linhagem comercial, utilizando a metodologia da Análise de Fatores (AF), e, posteriormente, estimar parâmetros genéticos utilizando os fatores extraídos da AF. O banco de dados avaliado inclui informações de 1407 animais e 20 características. Os fatores foram extraídos usando o método de componentes principais e o algoritmo de rotação *varimax*. Os parâmetros genéticos dos fatores (pseudo-fenótipos) foram estimados via inferência bayesiana sob um modelo animal multicaracterístico. Os cinco fatores extraídos explicaram 73% da variância original dos dados. O primeiro fator foi o que explicou a maior parte da variação, apresentando alta associação com todas as medidas de peso e por isso foi denominado fator “peso”. Já o fator 2 foi o segundo que mais explicou a variação dos dados e apresentou correlação positiva e forte com as variáveis relacionadas ao rendimento do lombo e do pernil, sendo definido como fator “rendimento”. O terceiro fator, denominado “lombo”, foi associado as características de área de olho de lombo e profundidade de músculo enquanto o quarto e quinto fator se associaram a características de qualidade e gordura da carcaça, sendo definidos como fator “qualidade” e fator “gordura”, respectivamente. Os cinco fatores biológicos extraídos neste estudo apresentaram herdabilidade variando de moderada a alta (0,16 a 0,61), indicando que a utilização destes fatores como critérios de seleção resultaria em ganhos genéticos para esta população de suínos. A utilização de variáveis latentes derivadas da análise fatorial, promoveu, de forma segura, a redução do número de características a serem avaliadas no programa de melhoramento genético de suínos.

Palavras-chave: Correlação. Análise de fatores. Parâmetros genéticos. Seleção.

ABSTRACT

SILVA, Leandro Magno Dornelas e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Factor analysis and estimation of genetic parameters for carcass and meat quality traits in pigs of a commercial line.** Adviser: Renata Veroneze.

This study aimed to evaluate the relationship between carcass and meat quality traits in pigs from a commercial line using the Factor Analysis (FA) methodology, and subsequently estimate genetic parameters using the factors extracted from FA. The database evaluated includes information on 1407 animals and 20 variables. Factors were extracted using the principal component method and the varimax rotation algorithm. The genetic parameters of the latent factors (pseudo-phenotypes) were estimated by Bayesian inference under a multi-trait animal model. The five factors extracted explained 73% of the original data variance. The first factor was the one that most explained the variation in the data. It presents high association with all weight variables; therefore, it was called the “weight” factor. Factor 2, was the second that most explained the variation in the data and had a positive and strong correlation with the variables related to the yield of the loin and ham, being defined as the “yield” factor. The third factor, called "loin", was associated with loin eye area and muscle depth. The fourth and fifth factors were associated with carcass quality and fat, being defined as "quality" factor and “fat” factor respectively. The five biological factors extracted in this study showed heritability ranging from moderate to high (0.16 to 0.61). Thus, the use of these factors as selection criteria would result in genetic gains in this pig population. The use of latent variables derived from factor analysis make possible to safely reduce the number of traits to be evaluated in pig breeding programs.

Keywords: Correlation. Factor analysis. Genetic parameters. Selection

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Análise de fatores (AF).....	9
2.2 Características de carcaça e qualidade de carne em suínos.....	10
3. HIPÓTESE.....	10
4. OBJETIVO.....	10
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
5.1 Descrição dos dados.....	11
5.2 Análise de Fatores.....	13
5.3 Estimacão de parâmetros genéticos.....	14
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
6.1 Avaliacão da adequabilidade dos dados.....	15
6.2 Análise de Fatores.....	16
6.3 Estimativa de parâmetros genéticos.....	21
7. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é a principal fonte de proteína animal, representando quase a metade da produção e do consumo total mundial (EMBRAPA, 2021). O Brasil, que é o quarto maior produtor e exportador de carne suína, tem uma importante influência neste mercado (ABPA, 2020).

Para atender a demanda mundial deste produto, que tende a crescer, é necessário aumentar a eficiência e a produtividade na suinocultura. Há de se ressaltar que, as pesquisas nas áreas de nutrição, sanidade, manejo e melhoramento genético animal juntamente com os programas de melhoramento desempenham um papel fundamental para o desenvolvimento da suinocultura, e contribuem para impulsionar a cadeia suinícola (DALLANORA et al., 2014).

As mudanças nas exigências do consumidor e do produtor de suínos, a necessidade de obter animais cada vez mais eficientes e os avanços na fenotipagem, fazem com que um número cada vez maior de características seja avaliado pelos programas de melhoramento e incluídas nos índices de seleção, com o intuito de obter um produto final de melhor qualidade, menor custo e com maior rendimento possível (LOPES et al., 2015; LONERGAN et al., 2001).

O melhoramento genético proporcionou significativa melhoria na produtividade dos suínos e na deposição de carne magra nas carcaças. Por outro lado, os programas de melhoramento colocavam pouca ênfase nas características de qualidade de carne, as quais são de grande relevância pelo potencial em influenciar os consumidores e ampliar o consumo de carne suína. Atualmente a demanda por carne de alta qualidade tem crescido entre os consumidores, fazendo com que seus valores econômicos sejam cada vez maiores e que os programas de melhoramento passem a selecionar para essas características (WILLSON et al., 2020; DRANSFIELD et al., 2005).

É importante ressaltar que a definição da qualidade de carne suína é algo bastante complexo, estando associada a inúmeros fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais, sendo percebida de forma distinta pelos diferentes mercados mundiais e entre os segmentos da cadeia (produtor, indústria e consumidor) (BRIDI et al., 2013). Desta forma, para atender as expectativas do produtor, a demanda da indústria e as exigências do mercado consumidor, os programas de melhoramento precisam incluir

um alto número de características nos índices de seleção (BRIDI et al., 2013, ALONERGAN et al., 2001).

Um programa de melhoramento genético é um elo fundamental da suinocultura, contribuindo de forma permanente e cumulativa para aumento da produtividade e eficiência. A avaliação genética dos animais, tem como método de análise padrão a avaliação genética multicaracterística (PAIVA et al., 2019), a qual possui algumas limitações quando o número de características avaliadas é muito grande. Dentre estas limitações destacam-se a complexidade crescente do modelo, a demanda computacional, a necessidade do desenvolvimento de índices de seleção combinando todas as variáveis e a redução do ganho genético para cada variável separadamente, à medida que aumenta o número de variáveis do índice (LOPES et al., 2005; PAIVA et al., 2019).

Uma interessante alternativa para contornar as limitações das análises multicaracterísticas é a utilização de metodologias de análise multivariadas, como é o caso da análise de fatores. Esta técnica incorpora simultaneamente informações de várias características, descrevendo as relações de covariância dessas variáveis em fatores (não observáveis), também chamados de variáveis latentes (PAIVA et al., 2019). O número de fatores será menor que o número de características avaliadas e os fatores poderão ser utilizados como pseudo-fenótipos em avaliações genéticas, demandando um menor esforço computacional e menor demanda de tempo em avaliações genéticas. (MINGOTTI, 2005; CORRAR et al., 2009; MACCIOTA et al., 2012).

Na literatura há diversos estudos utilizando essa técnica multivariada envolvendo dados de várias espécies de animais (MACCIOTA et al., 2006; ASPILCUETA-BORQUIS et al., 2012; MACCIOTA et al., 2012; MACCIOTA et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2015; CONTE et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2016; PAIVA et al., 2019). Entretanto, tratando-se de características de carcaça e qualidade de carne em suínos e posterior estimação de parâmetros genéticos para os fatores que serão extraídos, os estudos ainda são escassos.

Assim, este estudo objetiva utilizar a metodologia da Análise de Fatores (AF) para avaliar a relação entre as características de carcaça e qualidade de carne em suínos de uma linhagem comercial, e, posteriormente, estimar parâmetros genéticos utilizando os fatores obtidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise de fatores (AF)

A análise de fatores é uma técnica multivariada, que tem como principal objetivo descrever a variabilidade original das variáveis, que devem ser necessariamente quantitativas e correlacionadas, em um número reduzido de variáveis aleatórias, denominados fatores, que são não observáveis, de modo que n variáveis observadas são sintetizadas em um conjunto de m variáveis latentes, sendo $m \leq n$ (MINGOTTI, 2005).

Esta técnica vem sendo cada vez mais utilizada em estudos envolvendo animais de interesse zootécnico, principalmente devido ao grande número de variáveis avaliadas e a correlação existente entre elas (HENSON et al., 2006; MACCIOTA et al., 2006; ASPILCUETA-BORQUIS et al., 2012; MACCIOTA et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2015; CONTE et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2016). Nesses estudos, o número de variáveis foi reduzido consideravelmente, por meio da utilização dos fatores, o que simplifica as análises posteriores e a interpretação dos resultados.

Para utilização da análise de fatores é necessária a avaliação da adequabilidade dos dados quanto a interdependência e correlação, o que pode ser feito pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e pelo teste de esfericidade de Bartlett (KAISER et al., 1977; FERREIRA, 2011). De acordo com HAIR et al. (2006), valores de KMO acima de 0,5 são suficientes, embora outros autores defendam que 0,6 seria um valor mais confiável (PALLANT, 2007).

Existem diversas formas de se obter o número de fatores que serão utilizados em determinado estudo, não existindo na literatura um método mais indicado. Porém, os procedimentos descritivos ou métodos baseados nos autovalores da matriz de correlação são os mais utilizados (FERREIRA, 2008). A identificação dos autovalores mais importantes pode ser feita através da avaliação da proporção da variância total explicada por cada fator, em que se sobressairão os fatores que representem maiores proporções da variância total. De acordo com o critério de Kaiser, seriam considerados autovalores maiores ou iguais a 1,0 (KAISER, 1958). Ou ainda, pode-se utilizar o Scree-Plot ou “gráfico de joelho”, em que se observa o ponto de salto (queda), o que representa um decréscimo na importância do autovalor em relação a variância total (CATELL, 1966).

2.2 Características de carcaça e qualidade de carne em suínos

A cadeia produtiva de suínos, bem como os produtores e toda a indústria vem dando cada vez mais importância às características de carcaça e qualidade de carne, devido aos seus grandes valores econômicos. O mercado consumidor tem passado por grandes mudanças, exigindo produtos de alta qualidade, saborosos e com custo acessível (MIAR et al., 2014).

Com o passar dos anos, através de um intenso trabalho realizado pelos pesquisadores e todos os profissionais envolvidos na suinocultura, conseguiu-se ótimos resultados na produtividade e na deposição de carne magra nas carcaças. Porém, quando se trata da qualidade de carne os programas de melhoramento ainda possuem um longo caminho. De modo geral, as características de qualidade de carne são difíceis de serem avaliadas e possuem alto custo de mensuração. Sendo que, para atender a demanda do suinocultor, da indústria e do mercado consumidor, os programas de melhoramento deveriam construir índices de seleção que envolvessem eficiência na produção, maior quantidade de carne produzida e qualidade dos produtos (BRIDI et al., 2013; LONERGAN et al., 2001).

Atualmente, existe uma série de características de carcaça e qualidade de carne que são consideradas economicamente importantes, e sem dúvida devem ter uma atenção especial nos programas de melhoramento, dentre elas: peso de carcaça, rendimento de carne magra, espessura de toucinho, rendimento de diferentes cortes (lombo, pernil, costado, paleta e barriga), escores de textura, área de olho de lombo, profundidade de músculo, capacidade de retenção de água, maciez, marmoreio, pH, entre outras. (MIAR et al., 2014; LOPES e KNOL, 2015, COLONI, 2020).

3. HIPÓTESE

A variabilidade de n variáveis de carcaça e qualidade de carne de suínos pode ser descrita por m fatores (sendo $m < n$). Além disso, os fatores podem ser utilizados como pseudo-fenótipos na estimação de parâmetros genéticos.

4. OBJETIVO

Utilizar a metodologia multivariada denominada Análise de Fatores para descrever as relações de covariância entre as variáveis de carcaça e qualidade de carne de suínos de uma linhagem comercial. Além disso, objetiva-se estimar

parâmetros genéticos através da inferência bayesiana utilizando os fatores como pseudo-fenótipos.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Descrição dos dados

Os dados fenotípicos utilizados neste estudo foram coletados rotineiramente, para realização de avaliação genética de animais pertencentes a uma empresa localizada no estado de Santa Catarina, Brasil, e são referentes a uma linha macho comercial baseada na raça *Pietrain*.

O banco de dados inclui fenótipos de 1407 animais, avaliados entre os anos 2010 e 2020. As informações de pedigree disponibilizadas, incluem 66.293 animais. As variáveis foram coletadas em granja durante e ao final do teste de performance, dos 75 aos 154 dias, e no frigorífico e incluem peso no final do teste de performance (PS_T_TESTE), espessura de toucinho (ET_ULTR110), profundidade de músculo (PM110) e área olho de lombo (AOL110), ajustados para 110 Kg (através de fator de ajuste que leva em consideração o número de dias que o animal leva para ganhar um kg de peso vivo) medidas no músculo *Longissimus dorsi* utilizando imagens de ultrassom. No frigorífico foram medidas o peso do animal ao abate (PESO), peso do pernil (PERPESO), peso da paleta (PALPESO), peso da barriga (BARPESO), peso do costado (COSPESO), peso do lombo (COSLOMBO), peso da carcaça (PESOCARC), espessura de toucinho utilizando paquímetro (ETPAQUIM), cor da carne medida no costado utilizando padrão japonês (COSCJPCS), pH do pernil e do costado 24 horas após o abate (PERPH24) e (COPH24), rendimento do costado (RECOSPCQ) e do lombo (RCOLOPCQ), em relação ao peso da carcaça (peso do corte/peso da carcaça*100), rendimento do costado (RECOSVIV) e do lombo (RCOLOVIV) em relação ao peso vivo (peso do corte/peso vivo ao abate*100) e, perdas por gotejamento no pernil (GOTEJPER), obtida calculando a diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra após 24 horas, utilizando o “*drip loss bag*”.

A estrutura geral dos dados foi avaliada utilizando o software R (*R Development Core Team 2019*), sendo excluídos fenótipos com valores maiores ou menores que três desvios padrão acima ou abaixo da média do grupo de contemporâneos.

Também foi utilizado o pacote MICE do software R (*R Development Core Team 2019*) na realização da imputação de dados faltantes, para que fosse possível utilizar

todos os animais do banco de dados. O pacote utiliza o algoritmo que se baseia no método da cadeia de *Markov Monte Carlo (MCMC)* para imputação múltipla.

Após a edição e imputação dos dados foi realizada análise descritiva utilizando-se o software R (*R Development Core Team 2019*). As estatísticas descritivas das características avaliadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise descritiva de variáveis de teste de performance e coletadas no frigorífico de uma linhagem comercial de suínos

Características	Observações	Média	Desvio padrão	Min	Max
PS_T_TESTE (kg)	1407	98,26	7,52	69,90	132,40
ET_ULTR110 (mm)	1407	14,18	3,88	5,96	23,14
PM110 (mm)	1407	54,81	4,29	42,78	69,63
AOL110 (cm ²)	1407	45,86	5,04	31,55	65,22
PESO (kg)	1407	100,43	90,71	65,50	135,00
ETPAQUIM (mm)	1407	7,36	2,08	2,87	15,18
PERPESO (kg)	1407	13,37	1,32	9,60	19,36
PERPH24 (unidade)	1407	5,58	0,20	4,82	6,28
PALPESO (kg)	1407	10,49	1,04	6,84	15,86
COSPESO (kg)	1407	6,12	0,81	3,66	10,30
COSLOMBO (kg)	1407	2,66	0,32	1,24	4,18
COSPH24 (unidade)	1407	5,51	0,23	4,41	6,23
COSCJPCS (escore)	1407	2,65	0,57	1,00	4,00
BARPESO (kg)	1407	5,64	0,7	2,68	8,64
PESOCARC (kg)	1407	75,59	7,81	52,80	103,40
GOTEJPER (%)	1407	6,25	2,31	-2,48	13,48
RECOSPCQ (%)	1407	8,09	0,65	4,99	11,96
RECOSVIV (%)	1407	6,09	0,53	4,52	8,85
RCOLOVIV (%)	1407	2,65	0,24	1,98	3,51
RCOLOPCQ (%)	1407	3,52	0,31	2,49	4,52

Peso no final do teste de performance (PS_T_TESTE), espessura de toucinho medidos por ultrassom (ET_ULTR110), profundidade de músculo (PM110) e área olho de lombo (AOL110) ajustados para 110 Kg. Peso de abate (PESO), espessura de toucinho medida no frigorífico (paquímetro) (ETPAQUIM), peso do pernil (PERPESO), pH do pernil medido 24 horas após o abate (PERPH24), peso da paleta (PALPESO), peso do costado (COSPESO), peso do lombo (COSLOMBO), pH do costado aferido 24 horas pós abate (COSPH24), cor da carne medida

no costado (COSCJPCS) utilizando padrão japonês, peso da barriga (BARPESO), peso da carcaça (PESOCARC), perdas por gotejamento no pernil (GOTEJPER), rendimento do costado (RECOSPCQ) e do lombo (RCOLOPCQ) em relação ao peso da carcaça, rendimento do costado (RECOSVIV) e do lombo (RCOLOVIV) em relação ao peso vivo.

5.2 Análise de Fatores

A adequação dos dados para análise fatorial foi avaliada pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e pelo teste de esfericidade de Bartlett (KAISER et al., 1977; FERREIRA, 2011). Sendo que, valores de KMO acima de 0,5 foram aceitos como suficientes para realização da análise de fatores (HAIR et al., 2006).

Na Análise Fatorial é feita a redução da dimensionalidade dos dados, em que as variáveis observadas (n) são sintetizadas em um número menor de variáveis não observáveis (m), também conhecidas como variáveis latentes. De acordo com Ferreira (2011), o modelo de análise fatorial multivariada pode ser descrito na notação matricial:

$$\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\Gamma}\mathbf{F} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{[Equação 1]}$$

em que \mathbf{y} é o vetor aleatório correspondente aos registros das p variáveis originais ($p \times 1$); $\boldsymbol{\mu}$ é o vetor de médias; $\boldsymbol{\Gamma}$ é uma matriz ($p \times m$) de coeficientes, conhecida como cargas fatoriais ou *loadings*, que relaciona as variáveis latentes às variáveis originais; \mathbf{F} é o vetor aleatório ($m \times 1$) de fatores (variável aleatória não observável); e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor ($p \times 1$) de erros aleatórios, também conhecidos como fatores específicos.

A variância das variáveis observáveis originais pode ser decomposta em duas partes: a comunalidade, a qual se refere a porção da variância explicada pelos m fatores incluídos no modelo fatorial e a variância específica, que é a porção da variância devido ao fator específico. Em notação matricial, a partição da matriz de covariância ($\boldsymbol{\Sigma}$) das variáveis originais pode ser escrita como em MEYER (2009):

$$\boldsymbol{\Sigma} = \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\Gamma}^T + \boldsymbol{\psi} \quad \text{[Equação 2]}$$

em que $\boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\Gamma}^T$ é a matriz dos coeficientes do fator – comunalidades, e $\boldsymbol{\psi}$ é uma matriz identidade de (co) variância residual (unicidade) (MORRISON, 1976).

Os fatores latentes foram extraídos utilizando o pacote *Psych* do *software* R (R Development Core Team 2019) usando o método de componentes principais e o algoritmo de rotação de fatores *varimax*, (KAISER, 1958; PAIVA et al., 2019). Foram extraídos fatores que em conjunto explicassem ao menos 70% da variabilidade total do conjunto de dados (variância acumulada), embora haja outros métodos que podem

ser utilizados para definir o número de fatores (FERREIRA, 2011). Também foi levado em consideração a interpretação biológica e associação com as variáveis originais (MORRISON, 1976).

Após a definição dos fatores, foram calculados os escores dos fatores para cada animal, os quais foram tratados como pseudo-fenótipos na avaliação genética.

5.3 Estimação de parâmetros genéticos

Os grupos de contemporâneos foram formados pela combinação de ano e semana do fim de teste de performance para as características medidas na granja e data de abate para as características medidas no frigorífico. Todos os fenótipos são referentes a animais do mesmo sexo (fêmeas), mesma linhagem e foram coletados na mesma granja e no mesmo frigorífico, situados em Santa Catarina – Brasil, seguindo a rotina da empresa que disponibilizou o banco de dados.

O modelo utilizado para estimar os componentes de variância, por meio da inferência bayesiana, pode ser descrito como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{e} \quad [\text{Equação 3}]$$

em que \mathbf{y} é o vetor de escore dos fatores ou pseudo-fenótipos, assumindo $\mathbf{y} \mid \mathbf{b}, \mathbf{a}, \mathbf{G}_0, \mathbf{R}_0 \sim N(\mathbf{Xb} + \mathbf{Za}, \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I})$; \mathbf{b} é o vetor de efeitos sistemáticos, assumido como $\mathbf{b} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{\Sigma}_b \otimes \mathbf{I})$; sendo $\mathbf{\Sigma}_b$ uma matriz diagonal conhecida com valores $1e^{+10}$ para representar uma priori vaga; \mathbf{a} é o vetor de efeitos genéticos aditivos aleatórios, assumidos como $\mathbf{a} \mid \mathbf{G}_0, \mathbf{A} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A})$, de forma que \mathbf{A} representa a matriz de parentesco genético aditivo entre os animais, e \mathbf{G}_0 a matriz de (co) variância genética aditiva. Será assumido que \mathbf{G}_0 segue uma distribuição Wishart - invertida, WI (ν_a, \mathbf{V}_a), com hiperparâmetros $\nu_a = 2$ e $\mathbf{V}_a = \hat{\mathbf{G}}_0$; \mathbf{X} e \mathbf{Z} , são as matrizes de incidências dos efeitos sistemáticos e genético aditivo, respectivamente; \mathbf{e} é o vetor residual, assumido como $\mathbf{e} \mid \mathbf{R}_0 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R}_0 \otimes \mathbf{I})$, em que \mathbf{I} é uma matriz identidade e \mathbf{R}_0 a matriz de (co)variância residual. Assumiu-se que $\mathbf{R}_0 \sim \text{WI}(\nu_e, \mathbf{V}_e)$, com hiperparâmetros $\nu_e = 2$ e $\mathbf{V}_e = \hat{\mathbf{R}}_0$.

Os componentes de (co)variância para os pseudo-fenótipos foram estimados usando o algoritmo *Gibbs Sampler*, disponível no *software* GIBBS1F90 (MISZTAL et al., 2002). As análises de convergência foram realizadas por meio do pacote BOA (*Bayesian Output Analysis*) do *software* R (R Development Core Team 2019). A análise foi realizada utilizando 500.000 iterações, *burn in* de 200.000 iterações e *thin* igual a 20.

Peso no final do teste de performance (PS_T_TESTE - kg), espessura de toucinho medido por ultrassom (ET_ULTR110 - mm), profundidade de músculo (PM110 - mm) e área olho de lombo (AOL110 - cm²) ajustados para 110 Kg. Peso de abate (PESO - Kg), espessura de toucinho medida no frigorífico (pauquímetro) (ETPAQUIM - mm), pH do pernil medido 24 horas após o abate (PERPH24 – 1 a 8), peso do pernil (PERPESO - Kg), peso da paleta (PALPESO - Kg), peso do costado (COSPESO - Kg), peso do lombo (COSLOMBO - Kg), , pH do costado aferido 24 horas após o abate (COSP24 – 1 a 8), cor da carne medida no costado (COSCJPCS – 1 a 6) utilizando padrão japonês, peso da barriga (BARPESO - Kg), peso da carcaça (PESOCARC - Kg), perdas por gotejamento no pernil (GOTEJPER - %), rendimento do costado (RECOSPCQ - %) e do lombo (RCOLOPCQ - %) em relação ao peso da carcaça, rendimento do costado (RECOSVIV - %) e do lombo (RCOLOVIV - %) em relação ao peso vivo.

Figura 1: Correlação de Pearson para dados de rendimento de carcaça e qualidade de carne de suínos.

6.2 Análise de Fatores

Técnicas multivariadas são adequadas para a avaliação de conjuntos de dados compostos por elevado número de variáveis, e tem gerado resultados satisfatórios em estudos envolvendo dados de várias espécies de interesse zootécnico (MACCIOTA et al., 2006; SILVA et al., 2011; ASPILCUETA-BORQUIS et al., 2012; MACCIOTA et al., 2012; MACCIOTA et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2015; CONTE et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2016).

Na tabela 2 são apresentados os 5 fatores latentes extraídos neste estudo. São apresentadas também as cargas fatoriais, comunalidades e unicidades para as 20 variáveis avaliadas e a variação explicada e acumulada. As cargas fatoriais são os coeficientes de correlação entre as características contidas na avaliação e cada fator extraído, sendo que a variável que apresenta maior carga fatorial em determinado fator é então representada por ele (FERREIRA, 2011).

A comunalidade, que é a porção da variância explicada pelos m fatores incluídos no modelo fatorial, foi para a maioria das variáveis superiores a 0,70, indicando que grande parte da variabilidade original dos dados foi explicada. De acordo com os autovalores, a proporção da variância explicada pelos 5 fatores assumidos foi de 73%, o que é um percentual adequado, pois de acordo com Ferreira (2011), valores superiores a 70% são suficientes para a redução dos dados de maneira satisfatória.

Tabela 2. Fator latente (F_i), comunalidade (h_i^2), unicidade (U_i^2), variação explicada (%) e variação acumulada (%) para variáveis de carcaça e qualidade de carne de suínos

Característica	F1	F2	F3	F4	F5	h_i^2	U_i^2
PS_T_TESTE (kg)	0,85	0,06	-0,03	-0,04	0,03	0,73	0,26
ET_ULTR110 (mm)	-0,23	-0,06	-0,01	0,09	0,81	0,73	0,27
PM110 (mm)	0,02	0,03	0,83	-0,05	-0,09	0,70	0,29
AOL110 (cm ²)	0,11	0,07	0,85	-0,14	0,06	0,76	0,23
PESO (kg)	0,93	0,01	0,01	-0,13	0,01	0,89	0,11
ETPAQUIM (mm)	0,33	0,01	-0,16	-0,02	0,77	0,72	0,28
PERPH24 (unidades pH)	-0,02	0,04	0,00	0,81	-0,16	0,69	0,31
PERPESO (Kg)	0,88	0,00	0,05	-0,16	-0,14	0,82	0,18
PALPESO (Kg)	0,88	0,09	0,00	-0,07	-0,04	0,78	0,21
COSPESO (Kg)	0,77	0,58	0,04	-0,14	0,03	0,94	0,05
COSLOMBO (Kg)	0,65	0,49	0,43	-0,02	-0,20	0,90	0,10
COSPH24 (unidades pH)	-0,09	0,02	0,01	0,85	-0,10	0,74	0,25
COSCJPCS (score)	-0,10	-0,07	0,00	0,55	0,19	0,36	0,64
BARPESO (Kg)	0,80	0,05	-0,01	0,01	0,28	0,72	0,28
PESOCARC (Kg)	0,90	0,02	0,09	-0,14	-0,01	0,84	0,16
GOTEJPER (%)	0,09	0,02	0,10	-0,42	-0,09	0,20	0,79
RECOSPCQ (%)	0,09	0,90	-0,05	-0,05	0,06	0,83	0,16
RECOSVIV (%)	0,17	0,87	0,05	-0,08	0,04	0,80	0,20
RCOLOVIV (%)	-0,03	0,63	0,57	0,10	-0,26	0,80	0,20
RCOLOPCQ (%)	-0,11	0,62	0,49	0,14	-0,25	0,72	0,28
Variação explicada (%)	29	15	11	10	8		
Variação acumulada (%)	29	44	55	65	73		

Peso no final do teste de performance (PS_T_TESTE - kg), espessura de toucinho medido por ultrassom (ET_ULTR110 - mm), profundidade de músculo (PM110 - mm) e área olho de lombo (AOL110 - cm²) ajustados para 110 Kg. Peso de abate (PESO - Kg), espessura de toucinho medida no frigorífico (paquímetro) (ETPAQUIM - mm), pH do pernil medido 24 horas após o abate (PERPH24 – 1 a 8), peso do pernil (PERPESO - Kg), peso da paleta (PALPESO - Kg), peso do costado (COSPESO - Kg), peso do lombo (COSLOMBO - Kg), , pH do costado aferido 24 horas após o abate (COSPH24 – 1 a 8), cor da carne medida no costado (COSCJPCS – 1 a 6) utilizando padrão japonês, peso da barriga (BARPESO - Kg), peso da carcaça (PESOCARC - Kg), perdas por gotejamento no pernil (GOTEJPER - %), rendimento do costado (RECOSPCQ - %) e do lombo (RCOLOPCQ - %) em relação ao peso da carcaça, rendimento do costado (RECOSVIV - %) e do lombo (RCOLOVIV - %) em relação ao peso vivo.

O Fator Latente 1 (F1) explicou a maior parte da variação dos dados, ou seja, dos 73% que foram explicados pelos 5 fatores, 29% é atribuído somente ao F1. Este fator teve correlação positiva e forte (cargas fatoriais variando de 0,65 a 0,93) com as características PS_T_TESTE, PESO, PERPESO, PALPESO, COSPESO, COSLOMBO, BARPESO e PESOCARC, indicando alta correlação entre medidas de peso utilizadas neste estudo, assim este fator foi denominado “peso”.

Devido à grande importância econômica das características de peso em suínos, elas recebem grande atenção dentro dos programas de melhoramento genético, sendo mensuradas rotineiramente. Vários autores reportaram correlações genéticas positivas e altas entre características de peso em suínos (FERNÁNDEZ, et al., 2003; BERTOL et al., 2015; KHANAL et al., 2019).

Khanal et al. (2019) demonstraram a existência de correlação genética positiva e alta entre as características: peso do pernil, do lombo, da barriga, do costado, variando de 0,39 a 0,79, corroborando para os resultados encontrados neste estudo. Teixeira et al. (2015) em estudo avaliando diversas características de suínos, agruparam no mesmo fator e mostraram correlação alta e positiva entre as características peso de carcaça, peso de carcaça direita, comprimento de carcaça pelo método de classificação brasileiro, comprimento de carcaça pelo método de classificação americano, peso do coração, peso do pernil, peso do pernil sem pele e sem gordura, peso da copa, peso da paleta, peso do carré, peso do bacon, peso da costela, peso do filezinho e peso ao abate.

Fernández et al. (2003), estimando parâmetros genéticos para qualidade de carne, gordura e características relacionadas a composição de carcaças em suínos ibéricos, obtiveram correlações genéticas altas e positivas (0,50 a 0,77) para os pesos dos principais cortes ajustados pelos pesos das carcaças. Estas associações entre medidas de peso contribuem para o entendimento dos resultados encontrados neste trabalho, em especial para a formação do fator 1. É importante ressaltar que quanto maior for o valor fenotípico dos animais para as variáveis relacionadas ao peso, maior será o valor para os escores do fator “peso”.

O fator latente 2 (F2) foi responsável por 15% da variação explicada e apresentou correlação positiva e forte com as variáveis de rendimento: RECOSPCQ, RCOLOPCQ, RECOSVIV, RCOLOVIV. As cargas fatoriais variaram entre 0,62 e 0,90 e, semelhantemente ao fator peso, todas estas características apresentaram cargas positivas, sendo assim, quanto maiores as medidas fenotípicas dessas variáveis,

maior serão os escores dos animais para este fator. Khanal et al. (2019), avaliando dados de machos e fêmeas, encontraram correlações genéticas positivas e altas entre características de rendimento de lombo, pernil e barriga, entre outros cortes, corroborando com a formação do fator 2.

O fator latente 3 (F3) foi associado a PM110 e AOL 110, com cargas fatoriais de 0,83 e 0,85, respectivamente. Assim como o F1 e F2, os escores para o F3 serão maiores à medida que aumentarem os valores observados das variáveis pertencentes a ele, uma vez que as correlações com o fator foram fortes e positivas. A associação observada acima, permite denominar o F3 como fator “lombo”.

Medidas de área de olho de lombo e profundidade de músculo recebem atenção especial, pois segundo alguns autores elas estão relacionadas com o rendimento de carne magra e rendimento de diferentes cortes (aumento na taxa de deposição diária de carne na carcaça), resultando em melhor desempenho do rebanho para a produção de carne (TEIXEIRA et al., 2015; ROSO et al., 1995; CROSS et al., 1975).

Teixeira et al. (2015), utilizando a análise de fatores em características de suínos, obtiveram um fator composto pelas características de área de olho de lombo e profundidade de músculo, com cargas fatoriais positivas e fortes (0,82 e 0,83 respectivamente), semelhante ao apresentado neste estudo.

Estas mesmas características tiveram forte associação no estudo realizado por Silva et al. (2011), em que área de olho do lombo (AOL) e profundidade de músculo (PM) formaram o segundo fator. Ao estimar parâmetros genéticos em suínos, Willson et al. (2020) demonstraram a existência de correlação genética positiva e forte entre AOL e PM (0,86).

Ao avaliar o fator latente extraído 4 (F4), pode-se observar uma alta associação deste fator com as características: PERPH24, COSPH24, COSCJPCS, GOTEJPER, o que permitiu a formação do fator “qualidade de carne”. O F4 explicou uma porcentagem de variação dos dados semelhante ao explicado pelo F3 (11%), e apresentou cargas fatoriais que variaram entre -0,42 e 0,85.

As características que compõem o fator qualidade de carne apresentam cargas fatoriais com sinais diferentes, sendo GOTEJPER com sinal negativo e as demais com sinal positivo. Desta forma, o valor do escore desse fator aumentará com a redução de GOTEJPER e/ou aumento das demais variáveis.

De acordo com o descrito na literatura, a cor, a capacidade de retenção de água e o pH da carne são características comumente avaliadas, contribuindo na definição da qualidade sensorial da carne. A velocidade de declínio e valor final do pH tem associação com a cor e retenção de água da carne (BRIDI et al., 2013). Estes fatos contribuíram para a definição do fator qualidade de carne, e associação do mesmo às características citadas acima.

A qualidade de carne suína depende da associação entre vários fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais, sendo percebida de forma distinta pelos diferentes mercados mundiais e entre os segmentos da cadeia (produtor, indústria e consumidor). Ela é definida por aspectos objetivos: cor, pH, gordura intramuscular (marmoreio), capacidade de retenção de água, força de cisalhamento da carne e por aspectos subjetivos: maciez, suculência e aparência (FLORES et al., 2000; BRIDI et al., 2013; BAAS et al., 2021).

Huff-Lonergan et al. (2002), analisando a correlação entre características de qualidade de carne em suínos encontraram relação significativa entre a cor da carne e perda de água por gotejamento, apresentando correlação negativa (-0,33), indicando que à medida que a cor da carne fica mais escura, diminui a perda de água e vice-versa.

Teixeira et al. (2015), também encontraram resultados semelhantes. Os autores observaram a formação de um fator composto pelas características: pH aferido 24 horas após o abate e luminosidade, com cargas de 0,84 e -0,60 respectivamente. Porém, a perda por gotejamento não teve grande associação com estas variáveis, não fazendo parte deste fator.

Willson et al. (2020) reportaram resultados semelhantes aos observados neste trabalho, ao avaliarem características de qualidade da carne. Os autores reportaram correlação genética negativa e forte entre perda por gotejamento e o pH medido no lombo (-0.76 ± 0.25), correlação genética positiva e moderada entre o pH do lombo e a cor do lombo padrão japonês (0.67 ± 0.08). E, correlação genética negativa de moderada a alta entre perda por gotejamento e cor do lombo (-0.74 ± 0.24).

E por fim, o fator latente 5 (F5) teve correlação alta com as características de gordura na carcaça de suínos: ET_ULTR110 e ETPAQUIM, possibilitando a formação do fator “gordura”. As cargas fatoriais foram 0,81 e 0,77 respectivamente e, semelhantemente aos fatores F1, F4 e F2, o F5 terá maior escore para valores maiores de ET_ULTR110 e ETPAQUIM. A espessura de toucinho indica a quantidade

de gordura acumulada, podendo ser aferida em diferentes locais do corpo do animal e, segundo alguns autores, apresentam alta correlação entre si (TORRES FILHO, 2001; BARBOSA et al., 2005).

Barbosa et al. (2005) usaram a análise de componentes principais para avaliar características de carcaça em suínos, encontrando correlação alta entre medidas de espessura de toucinho. As variáveis referentes a espessura de toucinho avaliadas pelos autores apresentaram correlação variando de 0,42 a 0,67.

Esfandyari et al. (2020), avaliando parâmetros genéticos e correlações genéticas em animais puros e cruzados para características de crescimento, qualidade de carne e características de carcaça em suínos, encontraram alta correlação genética (acima de 0,9) entre espessura de toucinho e espessura de toucinho medida por ultrassom aos 80 kg de peso vivo e ao 120 kg de peso vivo tanto para animais puros quanto para cruzados.

6.3 Estimativa de parâmetros genéticos

Na tabela 3 são apresentadas as estimativas dos componentes de variância genética e residual para as variáveis latentes. E na tabela 4 são apresentadas as médias *a posteriori* das estimativas de herdabilidade (na diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e correlações residuais (acima da diagonal) com os respectivos intervalos HPD (*Highest Posterior Density*) de 95% de probabilidade obtidas a partir das análises dos fatores: peso, rendimento, lombo, qualidade de carne e gordura.

Tabela 3. Médias *a posteriori* dos componentes de variância genética aditiva e residual e intervalos de credibilidade de 95% de probabilidade (entre colchetes), obtidas a partir das análises dos fatores: peso, rendimento, lombo, qualidade de carne e gordura

Fatores	σ_a^2	σ_e^2
Peso	1,70 [1,38; 2,08]	3,89 [3,48; 4,32]
Rendimento	3,05 [2,52; 3,66]	15,80 [14,56; 17,12]
Lombo	17,83 [14,63; 21,52]	11,34 [9,03; 13,53]
Qualidade de carne	0,33 [0,25; 0,42]	0,37 [0,30; 0,44]

Gordura	0,11 [0,07; 0,17	0,20 [0,16; 0,24]
---------	------------------	-------------------

Tabela 4. Médias *a posteriori* das estimativas de herdabilidade (na diagonal), correlações genéticas (abaixo da diagonal) e correlações residuais (acima da diagonal), com os respectivos intervalos de credibilidade de 95% de probabilidade (entre colchetes) obtidos a partir das análises dos fatores.

Fatores	Peso	Rendimento	Lombo	Qualidade de carne	Gordura
Peso	0,30 [0,25;0,36]	-0,63 [0,69; -0,57]	-0,51 [-0,57; -0,44]	0,13 [0,03; 0,23]	0,22 [0,12; 0,33]
Rendimento	0,64 [0,52; 0,74]	0,16 [0,13; 0,19]	-0,32 [-0,39; -0,25]	0,52 [0,47; 0,58]	-0,02 [-0,10; 0,05]
Lombo	-0,10 [-1,26; 0,06]	0,46 [0,27; 0,64]	0,61 [0,52; 0,69]	-0,65 [-0,77; -0,54]	-0,30 [-0,47; -0,15]
Qualidade de carne	-0,48 [-0,66; -0,29]	-0,14 [-0,36; 0,05]	-0,39 [-0,34; -0,19]	0,46 [0,36; 0,57]	0,01 [-0,11; 0,14]
Gordura	-0,60 [-0,74; -0,43]	-0,29 [-0,49; -0,07]	0,31 [0,12; 0,48]	-0,08 [-0,31; 0,15]	0,35 [0,23; 0,49]

O processo de seleção em um programa de melhoramento genético, depende de estimativas precisas de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, por influenciarem diretamente na acurácia da predição dos valores genéticos dos animais, o que reflete na tomada de decisões (descartes, seleção e acasalamentos), no progresso genético e no aumento da produtividade e rentabilidade (COSTA et al., 2001). A herdabilidade (h^2) e correlação genética são consideradas parâmetros fundamentais para os programas de melhoramento, uma vez que são utilizados para obter o progresso genético esperado para determinada característica em um rebanho e para conhecer o comportamento conjunto e tendências genéticas de várias características (LOPES, 2005).

De acordo com as estimativas de herdabilidade observados na tabela 4, que variam de 0,16 a 0,61 pode-se dizer que se os fatores extraídos neste estudo fossem utilizados como critérios de seleção, seria possível obter ganhos genéticos satisfatórios para a maioria dos fatores. Os valores obtidos para h^2 foram de média a alta magnitude, sendo que o fator rendimento apresentou h^2 baixa.

Wilsson et al. (2020), ao estimarem parâmetros genéticos para características relacionadas ao peso em suínos da raça Duroc, obtiveram herdabilidades: 0,30 ($\pm 0,06$) e 0,26 ($\pm 0,06$), 0,40 ($\pm 0,06$), 0,40 ($\pm 0,07$) e 0,30 ($\pm 0,06$) para peso de carcaça quente, peso do lombo, peso do lombo sem osso, peso do pernil e peso do filé mignon respectivamente. Esses resultados se assemelham muito a h^2 encontrada para o fator peso. Características de qualidade de carcaça também foram avaliadas pelos autores, apresentando h^2 moderada, sendo, portanto, semelhantes ao encontrado nesse estudo para o fator qualidade de carne.

Giné et al. (2004) relataram baixa herdabilidade para a característica de rendimento de pernil e moderada para porcentagem de gordura e área de olho de lombo; 0,11, 0,34 e 0,26 respectivamente. Já os autores Larzul et al. (1997) e Hicks et al. (1998) encontraram valores de herdabilidade alta para AOL (0,65), o que corrobora para o valor de h^2 do fator lombo apresentado neste estudo. A estimativa de herdabilidade para o fator gordura foi de 0,35 e está de acordo com as estimativas apresentadas por vários autores na literatura (JOHNSON et al. 1994; IRGANG et al., 1995; TORRES JR. et al., 1998; LI e KENNEDY, 1994; ROSO et al., 1995; SILVA et al., 1992).

Em um programa de melhoramento, é importante conhecer a correlação genética entre características para entender os ganhos genéticos indiretos, que podem ser obtidos, como também traçar melhores estratégias de seleção. O fator peso foi o que explicou a maior parte da variação nos dados originais e apresentou correlação genética positiva e alta com o fator rendimento (0,64), indicando que ao selecionar os animais para maior peso, serão obtidos ganhos indiretos para rendimento, uma vez que as características que formaram os dois fatores podem estar sofrendo influência de conjuntos de genes semelhantes.

O fator qualidade de carne apresentou correlação genética moderada e negativa (-0,48) com o fator peso, resultado semelhante aos demonstrados por Willson et al. (2020), que reportaram correlações genéticas de -0,26 entre a perda por gotejamento e peso do lombo, -0,56 entre perda por gotejamento e peso da costela traseira e -0,07 entre coloração padrão japonês e peso do lombo sem osso. Estes resultados colaboram para a melhor compreensão da relação entre as variáveis, relacionadas a qualidade de carne e indicam que a seleção para cortes mais pesados pode resultar em menor qualidade de carne dos mesmos.

A correlação genética entre o fator peso e o fator gordura foi de -0,60, enquanto Willson et al. (2020) encontraram correlação de -0,28 entre peso do lombo e profundidade de gordura. Por outro lado, Miar et al. (2014) verificaram correlação genética de baixa a moderada entre peso dos animais ao abate e espessura de toucinho aferida por ultrassom (0,28). Já a correlação genética entre os fatores peso e lombo, rendimento e qualidade de carne e gordura e qualidade de carne foi não significativa (demonstrando que não existe associação genética entre essas variáveis), enquanto na literatura podem ser encontrados trabalhos que evidenciam associação significativa entre variáveis que compõe esses fatores (BERESKIN et al., 1988).

O fator lombo obteve correlação genética alta e positiva (0,64) com o fator rendimento, o que é interessante, uma vez que é desejável o aumento de ambos os fatores no sistema de produção. Este resultado demonstra que medidas de área de olho de lombo e profundidade de músculo são bons indicadores de rendimento, o que indica que estes fenótipos devem continuar sendo coletados em testes de performance e usados em avaliações genéticas, por serem mais simples de medir quando comparadas a medidas de rendimento.

Por outro lado, o fator lombo apresentou correlação genética negativa e moderada com o fator qualidade de carne (-0,39), indicando que a seleção para estes fatores deve ter uma atenção especial, devido a correlação genética negativa, para que não haja problemas nos ganhos genéticos em ambos os fatores e conseqüentemente prejuízos econômicos.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho aponta caminhos interessantes para contornar as limitações das análises multicaracterísticas, através do uso de metodologias de análise multivariadas. Através da análise de fatores realizada foi possível reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, que inicialmente era composto por 20 características, para 5 fatores com relevância biológica, os quais explicaram grande porcentagem da variação dos dados originais.

As estimativas de herdabilidade foram em sua maioria de moderadas a altas para os fatores avaliados, indicando que a seleção para esses fatores pode resultar em ganhos genéticos interessantes em programas de melhoramento genético de suínos. As correlações genéticas apresentaram resultados significativos e interessantes na maioria dos casos, demonstrando que alguns dos fatores podem estar sendo influenciados por conjuntos de genes similares e indicam que a seleção para cortes mais pesados pode resultar em menor qualidade de carne.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal, 2020. Disponível em: <https://abpabr.org/abpa-lanca-relatorio-anual-2020/> Acesso em: nov. 2021.

ASPILCUETA-BORQUIS, R. R. et al. Genetic parameters of total milk yield and factors describing the shape of lactation curve in dairy buffaloes. **Journal of Dairy Research** v.79, p.60-65, 2012.

BAAS, T. J., MABRY, J. W. The impact of genetics on Pork Quality. Disponível em: <http://www.nppc.org/facts/genetics/html>. Acesso em 26 set. 2021.

BARBOSA, L.; LOPES P. S.; REGAZZI, A. J.; GUIMARÃES S. E. F.; TORRES, R. A. Avaliação de Características de Carcaça de Suínos Utilizando-se a Análise dos Componentes Principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.34, n.6, p.2209-2217, 2005.

- BERESKIN, B.; E STEELE, N. C. Estimates of genetic parameters for carcass measures of body composition and growth in swine. Departamento de agricultura dos Estados Unidos, Beltsville, MD 20705. 1988.
- BERTOL, T. M. et al. Meat quality and cut yield of pigs slaughtered over 100kg live weight. *Animal Science And Technology And Inspection Of Animal Products*. 2015.
- BRIDI, A.M.; DA SILVA, C.A. Qualidade da Carne Suína e Fatores que Influenciam. VI Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. Chapecó, SC – Brasil. 2013.
- BUUREN, S. V. Flexible imputation of missing data. CRC press, 342P. 2012.
- CATTELL, R.B. The Scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research* 1:245-276. 1966.
- CERNY, C.A. & KAISER, H.F. A study of a measure of sampling adequacy for factor-analytic correlation matrices. *Multivariate Behavioral Research*, v.12, n.1, p.43-47, 1977.
- COLONI, R. T. Aspectos da suinocultura brasileira e a produção cárnea. **Jornal Dia de campo**. 2020
- CONTE, G. et al. Investigating mutual relationship among milk fatty acids by multivariate factor analysis in dairy cows. **Livestock Science**, v.188, p.124-132, 2016.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas. 541p. 2009.
- COSTA, A. R. C.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; REGAZZI, A. J.; SILVA, M. A.; EUCLYDES, R. F.; PIRES, A. V. Estimação de parâmetros genéticos em características de desempenho de suínos das raças Large White, Landrace e Duroc. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2001.
- CROSS, H.R. et al. Relationship of carcass scores and measurements to five points for lean cut yields in barrow and gilt carcass. **Journal of Animal Science**. v.41, p.1318-1326, 1975
- DA SILVA, N. C. N.; FERREIRA, W.L.; CIRILO, M.A.; SCALON, J.D. O uso da análise fatorial na descrição e identificação dos perfis característicos de municípios de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biometria**, v.32, n.2, p 201-215. 2014.
- DRANSFIELD, E., T. M. NGAPO, N. A. NIELSEN, L. BREDAHL, P. O. SJODEN, M. MAGNUSSON, M. M. CAMPO, AND G. R. NUTE. Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production. **Journal of Meat Science**. 69: 61-70. 2004.
- EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-suina>. Acesso em: nov. 2021.

ESFANDYARI H.; THEKKOOT D.; KEMP R.; PLASTOW G.; e DEKKERS J. Genetic parameters and purebred–crossbred genetic correlations for growth, meat quality, and carcass traits in pig. **Journal of Animal Science**. Vol. 98, No. 12, 1–12. 2020.

FERNÁNDEZ, A. et al. Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. **Journal of Meat Science**. 64: 405 – 410. 2003.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada. Lavras: UFLA, 2008.

FERREIRA, D.F. Estatística Multivariada. 2.ed. Lavras: Ed. UFLA. 675p. 2011

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. IN: BERNARDO, J. M., BERGER, J.O, DAWID, A. P., SMITH, A. F. M. (eds.), Bayesian Statistics 4, Clarendon, Oxford, p.625-631, 1992.

GINÉ, G. A. F.; FREITAS, R. T. F.; OLIVEIRA, A. I. G.; PEREIRA, I. G.; GONÇALVES, T. M. Estimativa de Parâmetros Genéticos para Características de Carcaça em um Rebanho de Suínos Large White. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.2, p.337-343. 2004.

GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças. 1ed., Editora UFV. Viçosa 2006. 366p.

HAIR, JR.; BLACK, W.C; BABIN, B.J; ANDERSON, R.E; TATHAM, R.L. Multivariate Data Analysis. 6.ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. 889p. 2006.

HENSON, R.K.; ROBERTS, J.K. Use of exploratory factor analysis in published research. Education and Psychological Measurement. v.66, n.3, p. 393-416. 2006.

HICKS, C.; TSUTOMU, F.; SCHINCKEL, A.P. Estimates of genetic parameters for daily gain and carcass traits for Japanese Large White Swine. Swine Day Report. 1998.

HUFF–LONERGAN, E.; BAAS, T. J.; MALEK, M.; DEKKERS, J. C. M.; PRUSA, K.; RUTHSCHILD, M. F. Correlation among selected pork quality traits. **Journal of Animal Science**. V. 80, p. 617-627, 2002.

IRGANG, R., SCHEID, I.R., AFONSO, S.B. Correlações genéticas e fenotípicas entre peso aos 90 dias, idade aos 100 kg e espessura de toucinho em suínos. Congresso brasileiro de veterinários especialistas em suínos. Blumenau. Anais. Blumenau: ABRAVES. p.175. 1995.

JOHNSON, R.K., ECKARDT, G.R., RATHJE, T.A. et al. Ten generations of selection for predicted weight of testes in swine: direct response and correlated response in body weight, back fat, age at puberty and ovulation rate. **Journal of Animal Science**. 72(8):1978-88. 1994.

JUDGE, M. D. et al. Principles of Meat Science. 2.ed. Kendall//Hunt Publishing Company, 351p, 1989.

- KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23:187-200. 158
- KHANAI, P. et al. Genetic parameters of meat quality, carcass composition and growth traits in commercial swine. Oxford University Press on behalf of the American Society of Animal Science. 2019.
- LARZUL, C.; LEFAUCHEUR, L.; ECOLAN, P. et al. Phenotypic and genetic parameter for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in Large White pigs. **Journal of Animal Science**. v.75, p.3126-3137. 1997.
- LINDAHL, G. et al. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. **Meat Science**. V. 59, p. 141-151, 2001.
- LI, X., KENNEDY, B.W. Genetic parameters for growth rate and back fat in canadian Yorkshire, Landrace, Duroc and Hampshire pigs. **Journal of Animal Science**. 72(6):1450-54. 1994.
- LOPES, P. S. et al. **Seleção**. Teoria do melhoramento animal. Belo Horizonte. Editora FEPMVZ. Cap. 3, p. 49-81. 2005
- LOPES, M. S.; KNOL, E. F. O futuro do melhoramento genético de suínos. Topigs Norsvin Research Center, Beuningen, Holanda. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/futuro-melhoramento-genetico-suinos-t38682.htm>>. Acesso em: nov. 2021.
- LONERGAN, S. M., E. Huff-LONERGAN, L. J. ROWE, D. L. KUHLLERS, and S. B. JUNGST. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**. 79:2075–2085. Doi:10.2527/2001.7982075x. 2001.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo 1ed. 134 p., 2000.
- MACHADO, G.; DALLANORA, D. **Evolução histórica dos sistemas de produção de suínos**. In: Produção de suínos: teoria e prática, 1. ed. Brasília, DF. Editora Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS) 2014. Cap. 3, p. 95-98.
- MACCIOTTA, N.P.P.; VICARIO, D.; CAPPIO-BORLINO, A. Use of multivariate analysis to extract latent variables related to level of production and lactation persistency in dairy cattle. **Journal of Dairy Science** 89:3188–3194. 2006
- MACCIOTTA, N. P. et al. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.73, p.46-54, 2012.
- MACCIOTTA, N. P. P. et al. Dissection of genomic correlation matrices of US Holsteins using multivariate factor analysis. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.132, p.9-20, 2015.

MEYER, K. "Factor-Analytic Models for Genotype \times Environment Type Problems and Structured Covariance Matrices." *Genetics Selection Evolution*. 2009.

MIAR, Y. Genetic and phenotypic parameters for carcass and meat quality traits in commercial crossbred pigs. **Journal of Animal Science**. 2014.92:2869-2884. doi: 10.2527/jas2014-7685. 2014.

MIAR Y. et al. Genetic and Phenotypic Correlations between Performance Traits with Meat Quality and Carcass Characteristics in Commercial Crossbred Pigs. *PLOS ONE*. 2014.

MINGOTI, S.A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MISZTAL, I. et al. "BLUPF90 and related programs (BGF90)". Pag.: 21-22. In: Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Montpellier, France. Editions Quae, Montpellier, France. p.21-22, 2002.

MISZTAL, I. REMLF90 - Manual. 2002. Disponível em: <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>> Acesso em: 10 de set. de 2020.

MORRISON, F. *Multivariate Statistical Methods*. McGraw-Hill, New York, NY. 1976.

MOURA, J.W.F.; MEDEIROS, F.M.; ALVES, M.G.M.; BATISTA, A.S.M. Fatores influenciadores na qualidade da carne suína. **Revista Científica de Produção Animal**, v.17, n.1, p.18-29, 2015.

PAIVA, J. T. et al. Genetic evaluation for latent variables derived from factor analysis in broilers. **British Poultry Science**, v.4, p.1-7, 2019.

PALLANT, J. *SPSS Survival Manual: A Step By Step Guide to Data Analysis Using SPSS (Version 15)*. 3.ed. Maidenhead: Open University Press, 352p. 2007.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>>. 2019.

ROSO, V.M.; FRIES, L.A.; MARTINS, E.S. Parâmetros genéticos em características de desempenho e qualidade de carcaça em suínos da raça Duroc. **R. Soc. Bras. Zootec.**, 24(2):310-16. 1995.

SILVA, M.A.; CATALAN, G.; TORRES, R.A. et al. Estimativas de componentes genéticos de características de importância econômica, em três diferentes raças de suínos. **R. Soc. Bras. Zootec**, 25(5):923-32. 1992.

SILVA, F.F.; ROSA, G.J.M.; GUIMARÃES, S.E.F.; LOPES, P.S.; DE LOS CAMPOS, G. Three-step Bayesian factor analysis applied to QTL detection in crosses between outbred pig populations. *Livestock Science*, v.142, p.210-215, 2011.

SORENSEN, D.A.; KENNEDY, B.W. Analysis of selection experiments using mixed model methodology. *Journal of Animal Science.*, 63(1): 245-258. 1986.

SORENSEN, D.A.; KENNEDY B.W. Estimation of Genetic Variances from Unselected and Selected Populations. *Journal of Animal Science*, p. 1213–1223, 1984.

SIEWERDT, F.; CARDELLINO, R.A. Índices de seleção para suínos Landrace submetidos a teste de granja. **R. Soc. Bras. Zootec**, 23(1):110-18. 1994.

TEIXEIRA, F. R. F.; NASCIMENTO, M. NASCIMENTO, A.C.C.; PAIXÃO, D.M.; AZEVEDO, C.F.; SILVA, F.F.; CRUZ, C.D.; LOPES, P.S.; GUIMARÃES, S.E.F. Determinação de fatores em características de suínos. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 33, n. 2, p. 130-138, 2015.

TEIXEIRA, F.R.F.; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A.C.C.; SILVA, F.F.; CRUZ, C.D.; AZEVEDO, C.F.; PAIXÃO, D.M.; BARROSO, L.M.A.; VERDADO, L.L.; DE RESENDE, M.D.V.; GUIMARÃES, S.E.F.; LOPES, P.S. Factor analysis applied to genome prediction for high-dimensional phenotypes in pigs. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.2, 2016.

TOLDRÁ, F.; FLORES, M. The use of enzymes as predictors of pork meat quality. **Food Chemistry**. V. 69, p. 387 – 395, 2000.

TORRES FILHO, R. A. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, p.684-689. 2005.

TORRES JR. et al. Estimativas de componentes de (co)variância para características produtivas de suínos Landrace e Large White pelo método da máxima verossimilhança restrita. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 27(2):283-91.1998.

VAN WIJK, H. J.; D. J. ARTS, J. O.; MATTHEWS, M.; WEBSTER, B. J.; DUCRO, AND E. F. KNOL. Genetic parameters for carcass composition and pork quality estimated in a commercial production chain. **J. Anim. Sci.** 83:324-333. 2005.

WILLSON, H. E.; OLIVEIRA H. R.; SCHINCKEL, A. P.; GROSSI, D. e BRITO, L. Fwils. Estimation of genetic parameters for pork quality, novel carcass, primal-cut and growth traits in duroc pigs. **Animals**. 2020.