

RENATA FELISBERTO HENRIQUES

**ANÁLISE DE FATORES NA AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS
QUANTITATIVAS EM SUÍNOS**

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*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

H519a
2018
Henriques, Renata Felisberto, 1981-
Análise de fatores na avaliação do efeito de características
quantitativas em suínos / Renata Felisberto Henriques. – Viçosa,
MG, 2018.
viii, 39 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Paulo Sávio Lopes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 33-39.

1. Suínos - Genética. 2. Melhoramento genético. 3. Análise
de variância. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 636.40821

RENATA FELISBERTO HENRIQUES

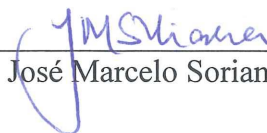
**ANÁLISE DE FATORES NA AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS
QUANTITATIVAS EM SUÍNOS**

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*.

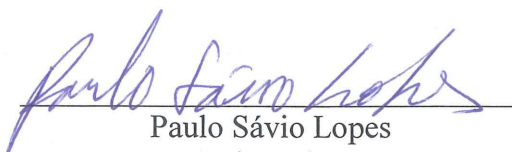
APROVADA: 27 de julho de 2018.



Renata Veroneze
(Coorientadora)



José Marcelo Soriano Viana



Paulo Sávio Lopes
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Ao meu amado filho Hugo,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Paulo Sávio Lopes pela oportunidade, por ter acreditado em mim e por todo o conhecimento adquirido com este trabalho.

Aos coorientadores, professora Renata Veroneze professor Fabyano Fonseca e Silva, pela disponibilidade e conhecimento.

A Universidade Federal de Viçosa por tornar meus sonhos possíveis, e aqui incluo professores, alunos e demais funcionários por todo apoio e tempo passados juntos.

A minha querida mãe, especialmente, pelo suporte em todos os momentos, sempre com uma dedicação incondicional.

Ao meu Felipe, pela atenção, prontidão e ensinamentos, sempre me apoiando.

Ao meu irmão Rafael, minha cunhada Apoena e minha sobrinha Rafaela, por todo carinho.

A minha grande amiga Cintia e seus Raphael e Francisco, por sempre estarem presentes apesar de qualquer distância.

Aos amigos do GDMA, que a cada encontro muito me acrescentam.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por todo apoio financeiro.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta jornada, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. RAÇAS COMERCIAIS	04
2.2. RAÇAS NATURALIZADAS BRASILEIRAS	05
2.3. PLANOS NUTRICIONAIS	05
2.4. ANÁLISE MULTIVARIADA	06
3. OBJETIVOS	07
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	07
4. MATERIAL E MÉTODOS	08
4.1. DADOS EXPERIMENTAIS	08
4.2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
5. RESULTADOS	19
5.1. ANÁLISE MULTIVARIADA	21
5.2. EFEITOS DE GRUPO GENÉTICO, PLANO NUTRICIONAL E SEXO NOS FATORES LATENTES	24
6. DISCUSSÃO	26
6.1. ANÁLISE MULTIVARIADA	26
6.2. EFEITOS DE GRUPO GENÉTICO, PLANO NUTRICIONAL E SEXO NOS FATORES LATENTES:	29
7. CONCLUSÃO	32
8. REFERÊNCIAS	33

RESUMO

HENRIQUES, Renata Felisberto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Análise de fatores na avaliação do efeito de características quantitativas em suínos.** Orientador: Paulo Sávio Lopes. Coorientadores: Renata Veroneze e Fabyano Fonseca e Silva.

Esse trabalho buscou por meio da análise de fatores, a redução da dimensionalidade de um banco de dados de características quantitativas de suínos e avaliar por meio das variáveis latentes obtidas, as progênes de suínos provenientes de três diferentes grupos genéticos submetidos a três planos nutricionais, por meio da análise de variância. Foram utilizadas 29 variáveis quantitativas de suínos machos castrados e fêmeas provenientes de experimento realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Melhoramento de Suínos, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG. Os dados foram coletados a partir de 102 animais, sendo 50 fêmeas e 52 machos castrados, de três grupos genéticos formados por suínos cruzados Piau, Duroc e Pietrain, submetidos a três planos nutricionais (baixo, médio e alto nível de lisina). A análise de fatores foi capaz de extrair 5 fatores com sentido biológico relacionados ao Desempenho (6 variáveis), Qualidade de carcaça (7 variáveis), Rendimento de carcaça (2 variáveis), Qualidade da carne (3 variáveis) e pH inicial (2 variáveis). Esses fatores foram considerados como novas variáveis quantitativas e utilizados na avaliação dos efeitos de grupos genéticos, plano nutricional e sexo, por meio da análise de variância, a qual considerou os referidos efeitos e suas interações. Foi verificada interação ($p=0,036$) entre grupo genético e sexo para Desempenho, em que os machos cruzados Duroc apresentaram os melhores escores se comparados aos Piau e os suínos cruzados Duroc se destacaram entre as fêmeas avaliadas. O grupo genético Pietrain apresentou melhores médias em Qualidade de carcaça ($p<0,001$), por outro lado, suínos cruzados Piau obtiveram melhores médias para Qualidade da carne ($p=0,005$) se comparados as Pietrain. Os suínos cruzados Pietrain foram superiores em relação aos Duroc para Rendimento de carcaça ($p=0,001$). O plano nutricional com baixo nível de lisina obteve pior Desempenho ($p=0,020$). Rendimento de carcaça foi afetado pelos planos nutricionais ($p=0,010$), em que o médio nível de lisina obteve melhor resultado se comparado ao baixo nível de fornecimento deste aminoácido. Para Qualidade da carne, o plano nutricional com alto nível de lisina foi

melhor se comparado ao baixo ($p=0,001$). O pH inicial ($p=0,002$) expressou melhores médias ao se utilizar os planos nutricionais com baixo e médio níveis de lisina na composição da dieta. O sexo dos suínos apresentou efeito significativo para Qualidade de carcaça ($p=0,001$), sendo que as fêmeas apresentaram média maior que os machos. A redução da dimensionalidade dos dados permitiu a avaliação conjunta de grupo genético, plano nutricional e sexo por meio de novas variáveis latentes que representaram o conjunto de dados originais.

ABSTRACT

HENRIQUES, Renata Felisberto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Factor analysis in the evaluation of the effect in pig quantitative traits.** Adviser: Paulo Sávio Lopes. Co-advisers: Renata Veroneze and Fabyano Fonseca e Silva.

The aim of the present work was to reduce the dimensionality of a quantitative traits dataset from pigs using multivariate factor analysis, as well as take the latent traits obtained to evaluate the pig progenies from three different genetic groups, submitted to three different nutritional plans, using the analysis of variance. Twenty nine quantitative traits from borrows and gilts were used, in which pigs were from an experiment performed in the Teaching, Research and Extension Unit in Pig Breeding, from the Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (acronym UFV), Viçosa – MG, Brazil. Data were taken from 102 animals (52 borrows and 50 gilts) of three genetic groups, Piau, Duroc and Pietrain crossbreeds, submitted to three different nutritional plans (low, medium and high lysine levels). The multivariate factor analysis extracted 5 factors with biological significance related to Performance (6 traits), Carcass quality (7 traits), Carcass yield (2 traits), Meat quality (3 traits) and Initial pH (2 traits). The factors were taken as new quantitative traits and used to evaluate the effects of the genetic group, nutritional plan and sex through the analysis of variance, considering these effects and its interactions. Regarding the Performance, interaction between genetic group and sex was statistically significant ($p=0.036$), in which borrows of Duroc crossbreed showed higher scores than those of Piau crossbreed and gilts exhibited better results with Duroc crossbreed. The Pietrain genetic group showed the best means for Carcass quality ($p<0.001$); however, Piau crossbreeds had better means for Meat quality ($p=0.005$) when compared to Pietrain crossbreed. Pietrain crossbreed was better than Duroc crossbreed in Carcass yield ($p=0.001$). The nutritional plan with low lysine level ($p=0.020$) represented the lowest Performance. Carcass yield was affected by nutritional plans ($p=0.010$), in which the medium lysine level obtained a better result when compared to the low lysine level. The high lysine level showed a better result in Meat quality ($p=0.001$) than low lysine level. Initial pH expressed better means for nutritional plans with low and medium lysine levels ($p=0.002$) The sex had

significant effect for Carcass quality ($p=0.001$), where females showed higher means than those of males. The reduction in the data dimensionality, allowed an integrative evaluation of genetic group, nutritional plan and sex based on new latent traits that represented the original dataset.

1. INTRODUÇÃO

A carne suína participa intensamente da economia de diversos países por se tratar de uma fonte de proteína de baixo custo mais consumida do mundo. O Brasil se destaca mundialmente por ser o quarto maior produtor e exportador de carne suína. Isso se deve ao intenso investimento em seleção e desenvolvimento genético da espécie, que proporciona ao mercado consumidor e à indústria uma carne de qualidade (MAPA, 2016). A partir de sua introdução pelos colonizadores, os suínos passaram por diversos processos de adaptação, formando as raças naturalizadas ou locais tais como Piau, Moura, Casco de Burro, Caruncho e Monteiro (Castro et al., 2002; McManus et al., 2010) que apresentam menor desempenho zootécnico e por esse motivo foram gradativamente substituídas por raças ou linhas comerciais. Entretanto, esses animais são um recurso genético importante uma vez que apresentam rusticidade, adaptabilidade e maior resistência a doenças em comparação com raças comerciais (Castro et al., 2002).

Os esforços de seleção para suínos de produção foram primariamente voltados para características de desempenho em detrimento de carcaça e qualidade da carne (Bertol et al., 2010, Balatsky et al., 2016). Desta forma, atualmente é possível observar que a carne suína possui menor marmoreio e maciez em função da diminuição da deposição de gordura intramuscular e maior declínio do pH *post mortem*, principalmente nas raças comerciais. É também possível observar diferenças nas características de carcaça e qualidade da carne entre diferentes grupos genéticos, apesar de apresentarem desempenho bastante similar (Ruusunem et al., 2012; Ventura et al., 2012) e essas diferenças são mais evidenciadas entre animais com genética superior e animais não submetidos a seleção (Zhang et al., 2015; 2016).

Animais provenientes de raças naturalizadas possuem atributos distintos dos animais das raças comerciais, e mesmo dentro das raças comerciais é possível observar variações que atendem a objetivos diversos. Estudos abordando a utilização simultânea de animais naturalizados e comerciais permitem a visualização da performance das características produtivas, que podem apresentar padrões de variação diferentes em cada raça. Ao avaliar os contrastes entre os grupos genéticos e os ambientes, é possível não só designar quais seriam os melhores genótipos, mas

também qual ambiente ou fator ambiental estaria favorecendo as características abordadas.

A utilização de diferentes dietas, devidamente ajustadas para atender as exigências nutricionais de grupos genéticos distintos, podem melhorar aspectos relacionados à qualidade da carne, tais como porcentagem de cortes e cor da carne, resultando em um produto diferenciado e mais bem aceito pelo mercado (Zhang et al., 2016).

O balanceamento de aminoácidos na dieta tem como consequência uma maior deposição de carne na carcaça de suínos (Fortes et al., 2011). Desta forma, adequadas formulações que atendam às exigências nutricionais dos suínos alcançam melhores resultados ao fornecer proporções adequadas dos nutrientes e reduzir custos de produção (Corassa et al., 2013). A lisina se destaca nessa perspectiva por estar relacionada ao desempenho e deposição proteica em suínos (Katsumata et al., 2012).

Entre os grupos genéticos, os animais melhorados possuem maiores exigências de lisina se comparados a animais não submetidos a seleção, o que sugere estratégias nutricionais diferenciadas e, para isso, diferentes níveis dos nutrientes devem ser avaliados (Gasparoto et al., 2001; Moreira et al., 2002). Vale ressaltar que maiores níveis de lisina podem resultar em maiores ganhos de peso em animais pertencentes ao mesmo grupo genético. Entretanto, se ultrapassada a exigência desse nutriente, os impactos no desempenho são pouco relevantes (Corassa et al., 2013).

Características relacionadas ao desempenho estão sempre, direta ou indiretamente, contribuindo expressivamente para as variações observadas na lucratividade oferecida pelos animais de produção. Entretanto, características de carcaça e qualidade da carne também podem atuar em favor do empreendimento e satisfação dos consumidores (Moura et al., 2015). A avaliação desta tríade possibilita aprimorar todos os aspectos relacionados à cadeia produtiva da suinocultura, distinguindo aspectos positivos e negativos, fornecendo melhores informações ao processo seletivo e para posteriores acasalamentos.

Grande parte dos estudos envolvendo características quantitativas relacionadas ao desempenho, carcaça e qualidade da carne são abundantes em

variáveis, muitas das vezes altamente correlacionadas, que ao serem abordadas de forma univariada tornam complexas suas interpretações. Ao se considerar as variáveis uma a uma, nem sempre é possível abranger grande parte dos aspectos que as envolvem, por não serem contempladas as múltiplas relações que tais variáveis estabelecem entre si. Com a utilização de técnicas de análise multivariada alcança-se um novo panorama que possibilita o entendimento um pouco mais completo e realista da situação da qual se extraem os dados. Identificando-se uma, ou algumas, macro respostas que envolvam todas as variáveis resposta observadas é possível obter resultados que possuam explicações biológicas consistentes, e isso é possível por meio da análise de fatores. A análise de fatores é uma técnica multivariada que se fundamenta na estrutura de covariância entre as observações e busca a obtenção de variáveis latentes não observáveis que reduzirão o número de variáveis originais (Ferreira, 2011).

2. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, os suínos foram introduzidos logo nos primórdios da colonização por portugueses e espanhóis, com intuito principal de prover proteína aos recém chegados e, devido a sua adaptabilidade e produção durante todo o ano, perpetuou-se a produção desta espécie (ABCS, 2013).

A grande demanda nacional e, também no âmbito mundial, impulsiona o mercado interno que conta com boas perspectivas de crescimento futuro (USDA, 2016). Entre os maiores produtores e consumidores, a China ocupa uma posição de destaque, por ser o país com a maior produção de carne suína e representa também o maior mercado consumidor desta carne, por esse motivo é também o país que mais importa. A produção brasileira participa ativamente deste mercado, sendo o país o quarto maior produtor e exportador (USDA, 2016).

Visando atender a demanda e anseios dos consumidores, esforços continuam se voltando para o aprimoramento das características de produção suína. Estudos visam aperfeiçoar diversos aspectos relacionados a produção aumentando sua eficiência, tais como nutrição (Pastorelli et al., 2014), sanidade (Nantel-Fortier et al.,

2016), bem-estar animal (Stoier et al., 2016) e melhoramento genético (Zhang et al., 2015).

O entendimento das raças e linhagens é fundamental para o direcionamento das estratégias de melhoramento. Dentre os suínos registrados no Brasil até 2013, Landrace, Large White, Duroc e Pietrain correspondem a 20,20%, 18,88%, 6,96% e 1,08% respectivamente, perfazendo uma considerável parcela das raças produzidas no país (ABCS, 2013). As raças citadas correspondem às raças comerciais que apresentam maior produtividade devido principalmente a programas de melhoramento genético e nutrição. Entretanto, as raças podem desenvolver características distintas. Lu et al. (2008) observaram diferenças significativas no sabor da carne suína em uma linhagem Duroc x Landrace x Large White com relação a raças locais chinesas, sendo a comercial com sabor de carne suína menos acentuado.

2.1. Raças comerciais

A partir da década de 1970, a suinocultura no Brasil passou a ser mais eficiente na produção de carne suína com a introdução substancial de animais de raças que passaram por seleção em substituição às raças nativas e implantação de programas de melhoramento mais sólidos (Fávero & Figueiredo, 2009).

Suínos da raça Large White chegaram ao Brasil em 1968, com os primeiros animais vindos da Suécia. Os animais desta raça caracterizam-se por grande estrutura de carcaça permitindo alto rendimento, alta prolificidade e precocidade sexual, excelente eficiência alimentar e boa qualidade de carne (ABCS, 2014).

Os primeiros animais da raça Duroc chegaram ao Brasil em 1950, importados dos Estados Unidos. Apresentam excelentes taxas de crescimento e conversão alimentar, mas destacam-se em relação a rusticidade e teor de marmoreio na carne (ABCS, 2014). Quando comparados a suínos de raças nativas não submetidas a processos de seleção, a raça Duroc apresenta melhor desempenho e carcaça, proporcionando bons resultados quando utilizado como reprodutores em programas de produção comercial terminal (Zhang et al., 2016).

Os animais da raça Pietrain chegaram ao Brasil em 1967 visando aumentar o rendimento de carcaça dos suínos aqui produzidos em função de sua menor deposição de gordura e maior deposição de carne na carcaça, entretanto apresentam qualidade de carne inferior a outras raças (ABCS, 2014).

2.2. Raças naturalizadas brasileiras

Devido a falta de padronização nos fenótipos das raças naturalizadas, podem ocorrer dificuldades em estabelecer distinção entre os grupos raciais e perda de diversidade genética nestes animais tornando necessário maiores estudos que demonstrem seus atributos e a sua contribuição para o melhoramento das raças comerciais (Sollero et al., 2009; McManus et al., 2010). Estudos que abordem recursos genéticos diversos são de suma importância, visto que desta forma é possível avaliar as múltiplas relações entre as variedades primitivas, obsoletas, tradicionais e também as modernas e atuais, promovendo maior desenvolvimento do setor no futuro. Vale salientar que a preservação da diversidade genética é possível por meio de programas de melhoramento que direcionem corretamente os acasalamentos e seleção dos animais (Bertol et al., 2010).

Entre as raças naturalizadas brasileiras, Piau é uma das que mais se assemelham morfológicamente às raças comerciais, sendo anteposta apenas por Moura (McManus et al., 2010) e foi também a raça naturalizada brasileira com maior tamanho populacional em trabalho conduzido no distrito federal (Castro et al., 2002). Essa raça teve sua origem nas regiões sul de Goiás, parte de Minas Gerais e oeste paulista (Castro et al., 2002). São animais com pele predominantemente escura, com cerdas lisas e abundantes, apresentado perfil retilíneo ou subcôncavo. O suíno naturalizado Piau é considerado um animal rústico, com menores exigências relacionadas a manejo, contando com considerável produção de carne e toucinho (Sollero, 2006).

2.3. Planos nutricionais

As diversas possibilidades em termos de dietas podem ser empregadas de forma que os genótipos utilizados possam ser melhor expressos, atribuindo melhores índices a produção por consequência da obtenção dos melhores fenótipos. Egea et al. (2015) observaram diferenças significativas nos fenótipos de suínos de grupos genéticos com composição de raças comerciais e ibéricas ao substituir parcialmente o trigo por glicerina nas dietas dos suínos. Katsumata et al. (2012) ao abordarem diferentes níveis de lisina comprovaram relação com a composição de gordura intramuscular e o teor deste aminoácido.

Dietas com menores níveis de lisina (0,45%) em suínos comerciais híbridos resultam em menores taxas de crescimento e pesos de carcaça. Entretanto é possível observar maior marmoreio da carne devido a menor sintetização de carnitina e consequente menor oxidação de ácidos graxos (Lee et al., 2016).

Entre os grupos genéticos, os animais melhorados possuem maiores exigências de lisina se comparados a animais não submetidos a seleção, o que sugere estratégias nutricionais diferenciadas e para isso diferentes níveis dos nutrientes devem ser avaliados (Gasparoto et al., 2001; Moreira et al., 2002). Vale ressaltar que maiores níveis de lisina podem resultar em maiores ganhos de peso em animais pertencentes ao mesmo grupo genético. Entretanto se ultrapassada a exigência desse nutriente, os impactos no desempenho são pouco relevantes (Corassa et al., 2013).

2.4. Análise multivariada

O universo de técnicas desenvolvidas especificamente para análise multivariada, e que contemplem as múltiplas relações entre as variáveis é extenso e possui particularidades em que há técnicas direcionadas para cada circunstância particular. Podem ser citadas como técnicas multivariadas a análise de componentes principais, análise de agrupamentos, correlação canônica, análise discriminante, análise de fatores, entre outras.

No caso da análise de fatores, é necessário que os dados tenham uma relação de interdependência e que as variáveis sejam quantitativas, assim como o atendimento às suas pressuposições. A adequabilidade é medida inicialmente por

meio do índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), em que valores acima de 0,5 são aceitáveis segundo Hair et al. (2006). Por outro lado, Pallant (2007) sugere 0,6 como um valor razoável. Esta técnica tem por objetivo reduzir a dimensionalidade destes dados, por meio da definição de uma estrutura latente em que as dimensões latentes comuns são conhecidas como fatores (Ferreira, 2011). Variáveis presentes em estudos de desempenho, carcaça e qualidade da carne são excelentes proponentes a este tipo de análise, dado sua natureza métrica e relação de interdependência.

É possível observar o crescente interesse na técnica de análise de fatores por parte dos estudos envolvendo animais de produção, principalmente devido ao grande número de variáveis que geralmente é observado nestes trabalhos e a estrutura de correlação verificada entre essas variáveis (Henson & Roberts, 2006). Macciotta et al. (2015) ao abordarem 31 características genômicas em gado holandês, conseguiram a redução em sete fatores que simplificaram a complexa interpretação das variáveis originais. Teixeira et al. (2016) representaram a alta correlação entre as 41 variáveis originais referentes a características de suínos por meio de 4 fatores biologicamente interpretáveis, obtidos por inferência Bayesiana, e os utilizaram como novas variáveis para seleção genômica. Conte et al. (2016) obtiveram melhor entendimento do comportamento de ácidos graxos no leite bovino por meio da decomposição da matriz de correlação entre os 47 ácidos graxos e características de produção leiteira em 7 variáveis latentes, que foram utilizadas na avaliação dos efeitos de produção animal e de alimentação destes animais.

3. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo verificar por meio de análise de fatores, características quantitativas de suínos machos castrados e fêmeas, visando a redução de sua dimensionalidade e avaliar, com relação às variáveis latentes obtidas, as progênies de suínos provenientes de três diferentes grupos genéticos paternos, submetidos a três planos nutricionais, por meio análise de variância.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Verificar a estrutura empírica das características de desempenho, carcaça e qualidade da carne, de três grupos genéticos formados pelas progênes de varrões Piau, base genética Duroc e base genética Pietrain acasalados com fêmeas comerciais (Pietrain x Large White), recebendo três planos nutricionais, de modo que características correlacionadas sejam agrupadas em um número menor de variáveis latentes ou fatores (interpretáveis), reduzindo a dimensionalidade do conjunto de dados.
- b. Avaliar progênes de suínos provenientes de três grupos genéticos, submetidos a três planos nutricionais, dos 70 aos 156 dias de idade; com relação às variáveis latentes obtidas por meio análise de variância.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Dados experimentais

As análises foram realizadas a partir de um banco de dados já existente oriundo de experimento realizado em 2014 na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Melhoramento de Suínos, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, situada no município de Viçosa - MG, Brasil. Todos os métodos envolvendo o manejo dos animais foram realizados de acordo com as normas aprovadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUAP/DZO (Protocolo nº 20/2014) da Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Os grupos genéticos foram originados dos seguintes acasalamentos:

- Grupo genético Pietrain: Machos de base genética Pietrain acasalados com fêmeas comerciais (Pietrain x Large White).
- Grupo genético Duroc: Machos de base genética Duroc acasalados com fêmeas comerciais (Pietrain x Large White).
- Grupo genético Piau: Machos da raça naturalizada Piau acasalados com fêmeas comerciais (Pietrain x Large White).

Foram utilizados no experimento 102 animais, sendo compostos por 52 machos castrados e 50 fêmeas. Os animais foram alojados individualmente em baias

de alvenaria (3 m²) com piso de concreto, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta.

Os suínos de cada grupo genético foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3x2 (três grupos genéticos x três planos nutricionais x dois sexos). Os três planos nutricionais foram formados de acordo com os níveis de lisina digestível (Baixo, Médio e Alto), descritos na Tabela 1.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais, vitaminas e aminoácidos para atender às exigências nutricionais dos animais, exceto para a lisina digestível (Ld), de acordo com Rostagno et al. (2011) (Tabela 1). Os diferentes níveis de Ld das dietas experimentais foram obtidos a partir da inclusão de L-Lisina HCl 78%, em substituição ao caulim. As relações dos aminoácidos essenciais com a lisina digestível foram atendidas de acordo com o padrão de proteína ideal proposto por Rostagno et al. (2011). As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

As rações, as sobras e os desperdícios de ração foram pesados periodicamente e os animais pesados individualmente aos 70(P70), aos 99 e aos 156 dias de idade para determinação do consumo de ração médio diário (CRD), do consumo de lisina digestível diário (CLD), do ganho de peso médio diário (GPD). O peso aos 156 dias de idade corresponde ao peso final ao abate (PA).

O abate foi realizado quando os animais atingiram 156 dias de idade, na própria granja de produção dos animais, em instalação construída para este fim, após permanecerem em jejum por 15±1 horas antes do abate. O manejo pré-abate foi realizado de acordo com as boas práticas de bem-estar animal, e os procedimentos de abate seguiram o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Brasil, 1997).

Foi obtido o peso da carcaça quente (PCQ) e da carcaça fria(PCF) (resfriada por 24 horas) para o cálculo dos respectivos rendimentos. Foi realizada a pesagem da meia carcaça esquerda (PCE), após o resfriamento por 24 h, e foram medidas a espessura de toucinho (ETO) e a área de olho de lombo (AOL), tomadas da seção transversal do músculo *Longissimus dorsi*, localizado entre a penúltima e última

costelas. Para o cálculo da AOL utilizou-se o software Rhinoceros® 4.0 (Robert Mcneel & Associates, 2007), por meio das imagens de AOL escaneadas com escala.

Tabela 1. Composição nutricional e química dos planos nutricionais, para machos castrados e fêmeas, nas fases de crescimento I, crescimento II e terminação

Ingrediente	Crescimento I (70 aos 98 dias de idade)			Crescimento II (99 aos 134 dias de idade)			Terminação (135 aos 156 dias de idade)		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Milho moído	72,702	72,702	72,702	77,947	77,947	77,947	85,584	85,584	85,584
Farelo de soja 45%	22,409	22,409	22,409	18,101	18,101	18,101	13,835	13,835	13,835
Óleo de soja	1,159	1,159	1,159	0,686	0,686	0,686	0,441	0,441	0,441
Fosfato bicálcico	1,195	1,195	1,195	0,883	0,883	0,883	0,816	0,816	0,816
Caulim	1,100	0,696	0,035	1,100	0,734	0,069	1,100	0,770	0,111
Calcário	0,707	0,707	0,707	0,606	0,606	0,606	0,573	0,573	0,573
Sal comum	0,405	0,405	0,405	0,354	0,354	0,354	0,329	0,329	0,329
Mistura vitamínica ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Mistura mineral ²	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
L-Lisina HCl 78%	-	0,260	0,520	-	0,260	0,520	-	0,260	0,520
DL-Metionina 99%	-	0,070	0,193	-	0,045	0,168	-	0,020	0,142
L-Treonina 98%	-	0,074	0,222	-	0,059	0,207	-	0,044	0,191
L-Triptofano 98%	-	-	0,037	-	0,002	0,041	-	0,006	0,044
L-Valina 96,5%	-	-	0,093	-	-	0,095	-	-	0,092
L-Isoleucina 99%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,042
Promotor de cresc. ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Butilhidroxitolueno	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada									
EM (kcal/kg)	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
PB (%)	15,86	15,86	15,86	14,32	14,32	14,32	12,76	12,76	12,76
Lisina. dig. (%)	0,700	0,900	1,100	0,600	0,800	1,000	0,500	0,700	0,900
Met.+Cis. dig. (%)	0,470	0,540	0,660	0,436	0,480	0,600	0,399	0,420	0,540
Treonina dig. (%)	0,536	0,603	0,737	0,483	0,536	0,670	0,429	0,469	0,603
Triptofano dig. (%)	0,164	0,164	0,198	0,142	0,144	0,180	0,120	0,126	0,162
Valina dig. (%)	0,672	0,672	0,759	0,604	0,604	0,690	0,535	0,535	0,621
Isoleucina dig. (%)	0,000	0,000	0,000	0,523	0,523	0,523	0,452	0,452	0,495
Cálcio (%)	0,635	0,635	0,635	0,512	0,512	0,512	0,474	0,474	0,474
P disponível (%)	0,314	0,314	0,314	0,250	0,250	0,250	0,231	0,231	0,231
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,160	0,160	0,160	0,150	0,150	0,150

¹Contendo por kg de produto: Fe, 100 g; Cu, 10 g; Co, 1 g; Mn, 40 g; Zn, 100 g; I, 1,5 g; e excipiente (excipient) q.s.p., 1.000 g. ²Contendo por kg de produto: vitamina A, 6.000.000 UI; vitamina D3, 1.500.000 UI; vitamina E, 15.000.000 UI; vitamina B1, 1,35 g; vitamina B2, 4 g; vitamina B6, 2 g; ácido pantotênico (Pantothenic acid), 9,35 g; vitamina K3, 1,5 g; ácido nicotínico (Nicotinic acid), 20,0 g; vitamina B12, 20,0 g; ácido fólico (Folic acid), 0,6 g; biotina (Biotin), 0,08 g; Se, 0,3 g; e excipiente (and excipient) q.s.p., 1.000 g. ³Surmax® Elanco.

Na meia carcaça direita resfriada foi medido o comprimento (cm) da carcaça pelos Métodos Brasileiro (ABCS, 1973) e Americano. Realizaram-se, na meia carcaça esquerda, os cortes da barriga, pernil limpo com osso, copa limpa, paleta limpa com osso, lombo, costela e filezinho. Os cálculos dos rendimentos dos cortes (%) foram realizados em relação ao peso da meia da carcaça esquerda resfriada por 24 h, sendo representados então por rendimento de barriga (Barriga), de pernil

(Pernil), de copa (Copa), de paleta (Paleta), de lombo (Lombo), de costela (Costela) e de filezinho (Filezinho).

Foram avaliadas as seguintes características da carne suína: pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda por gotejamento (PGOTEJ), perda por cocção (PCOZ), perda total (PTOT), força de cisalhamento (MACIEZ), coloração objetiva e extrato etéreo (EE).

Foram avaliados os valores de pH da carcaça imediatamente após o abate (pH0), aos 45 minutos (pH45) e 24 horas (pH24) *post-mortem* no músculo *Longissimus dorsi* entre a última e a penúltima costela. As medições foram realizadas por meio da inserção de eletrodo de vidro (DIGIMED, DME-CV1) acoplado a pHmetro DIGIMED DM-20 previamente calibrado.

A capacidade de retenção de água foi avaliada por meio do método de centrifugação (Honikel & Hamm, 1994) nas amostras coletadas 24h *post-mortem*. Foram utilizadas amostras de 1 cm que foram então picadas após a remoção da gordura aparente. Duplicatas de 10 g de amostras foram colocadas em tubos e centrifugadas durante 10 min a 40.000 x g a 4°C utilizando um JA-17 (Beckman Coulter, Fullerton, CA) com rotor Avanti J-25, (Beckman Coulter, Fullerton, CA). Após a centrifugação, o líquido foi removido e a carne da amostra novamente pesada. A água perdida foi registrada como um percentual do peso original da amostra.

A perda por gotejamento foi avaliada segundo a metodologia descrita por Honikel et al. (1987). Foram retiradas, entre as duas últimas costelas da meia-carcaça esquerda resfriada após 24 horas, duas amostras de 120 a 140g do músculo *Longissimus dorsi*. Estas amostras foram previamente limpas do tecido adiposo e conjuntivo aparente. Em seguida foram colocadas separadamente numa rede plástica e, então, suspensas em um saco plástico inflado (de modo a não estabelecer contato), o qual foi hermeticamente fechado e suspenso em refrigerador doméstico (Brastemp-Duplex Frost Free). Após 48 horas sob refrigeração ($3 \pm 2^\circ\text{C}$), as amostras foram enxugadas com papel toalha e novamente pesadas. A perda por gotejamento foi expressa como percentagem em relação ao peso inicial.

Para avaliação das perdas por cocção foram utilizadas amostras de 2,54 cm de espessura que também foram utilizadas para avaliação de força de cisalhamento conforme será descrito adiante. Inicialmente, as amostras foram descongeladas a 4°C por 24 h e então pesadas. Em seguida, as amostras foram assadas em forno elétrico pré-aquecido a 150°C até que a temperatura interna da amostra atingiu 71°C. No momento em que a temperatura interna desejada foi atingida, as amostras foram retiradas do forno e colocadas em bancada para resfriarem à temperatura ambiente. Após atingirem a temperatura ambiente, as amostras foram novamente pesadas. Assim, a perda por cocção foi obtida pela diferença entre o peso antes (amostras descongeladas) e após o cozimento.

A perda de peso total foi obtida pela relação entre o peso inicial da amostra (antes do descongelamento) e o seu peso após o cozimento.

Para determinação da força de cisalhamento foi utilizado o procedimento proposto por Wheeler et al. (1999). Quando do início das análises, as amostras de 2,54 cm de espessura foram descongeladas sob refrigeração a 4°C durante 24 horas. Logo após o descongelamento, as amostras foram assadas em forno elétrico pré-aquecido a 150°C. No procedimento de cozimento foi introduzido no centro geométrico de cada amostra um termoacoplador ligado em termômetro tipo K, para monitoramento da temperatura interna até que essa atingiu 71°C. As amostras foram então colocadas em resfriamento a 4°C durante 24 horas. Decorrido esse tempo, foram retiradas oito amostras cilíndricas com 1,27 cm de diâmetro cada, paralelamente a orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60°, 1,016 mm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min., acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan - KS, USA).

A coloração do músculo *Longissimus dorsi* foi avaliada pela determinação, no sistema HUNTER LAB (HUNTERLAB, 1996), da luminosidade (L^*), do teor de vermelho (a^*) e do teor de amarelo (b^*), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest II Hunter Lab, calibrado com as placas de referência

branca ($X = 81,12$; $Y = 85,99$ e $Z = 91,03$) e cinza ($X = 49,90$ $Y = 53,15$ e $Z = 55,05$) e para o modo RSIN (reflectância especular incluída), sem o filtro UV. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema Software Universal. Foram estabelecidos o iluminante D₆₅ e o ângulo de 10° para o observador. Cada medida foi efetuada em triplicata na seção transversal de 2 cm de espessura do músculo, que foi removida após retirada da fatia lateral que ficou exposta ao ar. A amostra foi colocada em sacos plásticos, ficando a superfície em que foi realizada a leitura em contato com o plástico. A avaliação da cor aconteceu 24h após o resfriamento da meia carcaça direita.

As amostras utilizadas para a determinação do extrato etéreo foram armazenadas a -20°C, logo após a coleta. Posteriormente, as amostras foram liofilizadas por 36 h e em seguida foram moídas utilizando um moinho de esferas. Posteriormente as amostras foram submetidas a análises de umidade por meio do Método 934,01(AOAC, 1990)e extrato etéreo por meio do Método Am 5-04 (AOCS, 2009).

4.2. Análises estatísticas

Foi realizada a checagem dos dados para eliminação de *outliers*, utilizando-se o gráfico tipo *box-plot*, com vistas à eliminação de informações incompletas ou duvidosas. Foram observadas, dentro do total de 3240 informações, 76 informações consideradas como *outliers*, correspondendo a 2,35% de informações incompletas ou duvidosas identificadas no banco de dados utilizado. A característica rendimento de barriga foi a que mais apresentou *outliers*, sendo 9 informações (8,33%), identificadas como tal. Do total de 102 indivíduos, 47 apresentaram alguma informação considerada *outlier*, em que foi observada a média de 1,64 destas observações para cada um destes indivíduos.

A manutenção apenas de indivíduos com informações completas, além de reduzir o tamanho amostral, pode levar a resultados tendenciosos. Sob esta perspectiva, foi realizada a imputação dos valores perdidos, ou *outliers*, com a utilização dos pacotes *mice* e *lattice*, utilizando um algoritmo que se baseia no método da cadeia de Markov Monte Carlo (MCMC) para imputação múltipla

(Buuren, 2012). Ambas análises foram realizadas por intermédio do *software* R ((R Development Core Team, Vienna, AT).

Foi verificada a correlação entre as variáveis quantitativas originais por meio da correlação de Pearson (Figura 1).

Com objetivo de agrupar variáveis que apresentam alta correlação foi aplicada a análise de fatores a fim de reduzir a dimensionalidade dos dados. Desta forma, a variabilidade dos dados foi descrita por meio da interpretação das variáveis latentes, chamadas fatores comuns, de modo que as novas variáveis (interpretáveis e não observáveis) fossem capazes de explicar a maior parte da variação total.

O modelo fatorial adotado para uma variável X_i observável, com média u_i pode ser representado da seguinte forma (Da Silva et al., 2014; Johnson & Wichern, 2007):

$$X_i - u_i = l_{i1}F_1 + l_{i2}F_2 + \dots + l_{im}F_m + e_i,$$

em que $i = 1, 2, \dots, p$ e $m \leq p$, sendo p o número de variáveis originais observáveis; o coeficiente l_{ij} é denominado carga fatorial da i -ésima variável sobre o j -ésimo fator comum, sendo $j = 1, 2, \dots, m$; F_1, F_2, \dots, F_m são denominados fatores comuns, variáveis aleatórias não-observáveis e e_i são os erros aleatórios que estão associados somente a i -ésima variável corrigida X_i , respectivamente.

Ao utilizar a notação matricial, o mesmo modelo pode ser representado da seguinte maneira (Ferreira, 2011):

$$y - u = \Gamma F + \epsilon$$

em que Γ é uma matriz pxm composta por coeficientes conhecidos como cargas fatoriais, que medem a associação entre cada variável e os fatores; F é um vetor $mx1$ em que contém os escores fatoriais, os quais são os valores assumidos pelas novas variáveis latentes (não-observáveis) estimadas por meio de uma metodologia específica e ϵ é um vetor $px1$ que representa os erros aleatórios. A estimação da matriz Γ e do vetor de escores F será descrito adiante.

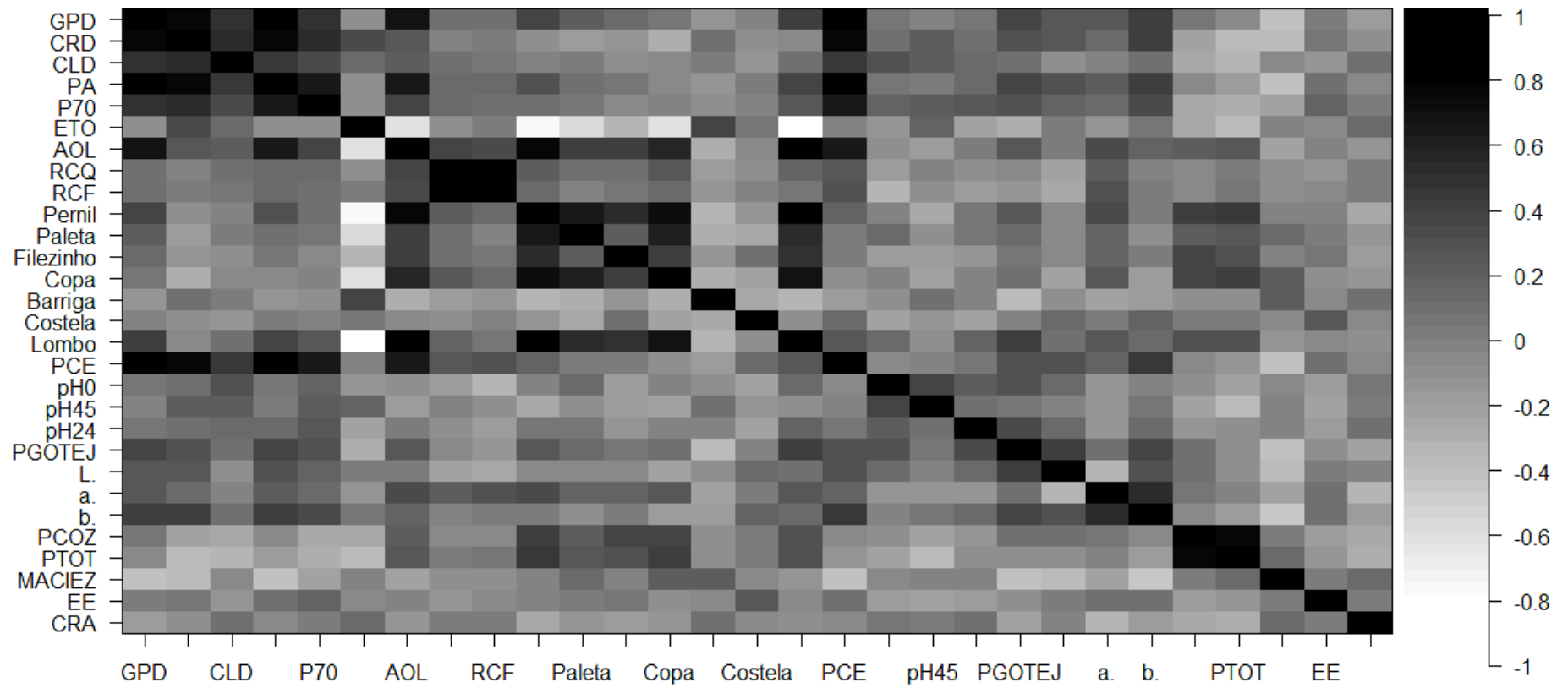


Figura 1 - Correlograma entre as características quantitativas de suínos.

No contexto da análise de fatores, foram feitas algumas suposições adicionais acerca dos fatores comuns e das variáveis originais, como $E(\mathbf{y}) = \mathbf{u}; E(\mathbf{c}) = \mathbf{0}; E(\mathbf{s}) = \mathbf{0}; Cov(\mathbf{c}) = I_m; Cov(\mathbf{y}) = \Sigma; Cov(\mathbf{s}) = \Psi; Cov(\mathbf{c}, \mathbf{s}) = \mathbf{0}$, sendo $\Psi = \text{diag}(\psi_i)$.

Foi verificada a adequabilidade da matriz de correlação das variáveis em estudo por meio do critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e do teste de esfericidade de Bartlett. O primeiro se refere a um índice proposto por Kaiser (1958), que pode apresentar valores entre 0 e 1. Esse coeficiente é dado por (Mingoti, 2007):

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2}$$

em que R_{ij} e Q_{ij} são, respectivamente, as correlações amostral e parcial entre as variáveis i e j .

A correlação parcial entre duas variáveis se trata da correlação que existe entre elas quando todas as outras $(p-2)$ variáveis são consideradas como constantes (Johnson & Wichern, 2007). As correlações amostral R_{ij} e parcial Q_{ij} são dadas abaixo (Rencher & Schallje, 2008):

$$R_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}$$

$$Q_{ij} = Q_{ij.rs\dots q} = \frac{\sigma_{ij.rs\dots q}}{\sqrt{\sigma_{ii.rs\dots q} \sigma_{jj.rs\dots q}}}$$

em que σ_{ij} é a covariância entre as variáveis i e j , e $\sigma_{ij.rs\dots q}$ é a covariância entre as variáveis i e j sem o efeito das demais (r,s,\dots,q) .

Quanto maior o valor do índice KMO, melhor será a adequabilidade. Foi utilizado o limiar segundo Pallant (2007), que sugere como um valor razoável um KMO acima de 0,6.

O teste de esfericidade de Bartlett para a matriz de correlação buscou verificar se a matriz de correlações se aproxima da matriz identidade. Assim, possui as seguintes hipóteses:

$$\begin{cases} H_0: R_{p \times p} = I_{p \times p} \\ H_1: R_{p \times p} \neq I_{p \times p} \end{cases}$$

em que $R_{p \times p}$ é a matriz de correlação das p variáveis e $I_{p \times p}$ uma matriz identidade de ordem p .

A estatística do teste é definida por (Mingoti, 2007):

$$T = - \left[n - \frac{1}{6}(2p + 11) \right] \left[\sum_{j=1}^p \ln(\hat{\lambda}_j) \right]$$

em que $\ln(\hat{\lambda}_i)$ é o logaritmo neperiano do i -ésimo autovalor da matriz de correlação amostral $R_{p \times p}$. A estatística T , sob a hipótese nula e para grandes amostras, possui uma distribuição aproximadamente qui-quadrado com $\frac{1}{2}p(1-p)$ graus de liberdade. Existe adequabilidade dos dados quando se rejeita a hipótese nula.

O número de fatores foi definido considerando um percentual mínimo de explicação de 70% da variabilidade total, que, segundo Ferreira (2011), é suficiente para a redução dos dados de maneira satisfatória. Foi aplicado também o critério de Kaiser em que os fatores com autovalores maiores que um seriam utilizados. Vale ressaltar que uma interpretação biológica foi considerada ao estabelecer o número de fatores.

Após a verificação da adequabilidade da matriz de correlação e definição do número de fatores, foi obtida a matriz de *loadings* ($\hat{\Gamma}$), conhecida também como cargas fatoriais, e as unicidades ($\hat{\Psi}_{p \times p}$), representadas por uma matriz diagonal contendo as variâncias específicas. As estimativas foram obtidas por meio do método de componentes principais (Mingoti, 2007), aplicado com base na decomposição espectral da matriz de correlação, como segue:

$$\hat{\Gamma} = \left[\sqrt{\hat{\lambda}_1} \hat{e}_1 \sqrt{\hat{\lambda}_2} \hat{e}_2 \dots \sqrt{\hat{\lambda}_m} \hat{e}_m \right] = \begin{bmatrix} l_{11} & \dots & l_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{p1} & \dots & l_{pm} \end{bmatrix}$$

e

$$\hat{\Psi}_{p \times p} = \text{diag}(R_{p \times p} - \hat{\Gamma} \hat{\Gamma}^T)$$

em que $\hat{\lambda}_i$ é o i-ésimo autovalor da matriz de correlação $R_{p \times p}$.

Uma vez estimados $\hat{\Gamma}$ e $\hat{\Psi}$, foram obtidos os escores fatoriais, que representaram os valores observáveis assumidos pelas novas variáveis (não observáveis). Foi utilizado o método da regressão (Ferreira, 2011), em que a estimação dos escores para o j-ésimo indivíduo é dada por:

$$\hat{F}_j = \hat{\Gamma}^T \left(\hat{\Gamma} \hat{\Gamma}^T + \hat{\Psi} \right)^{-1} (Y_j - \bar{Y})$$

em que $\hat{\Gamma}_{p \times m}$ é a matriz dos *loadings*, $\hat{\Psi}$ é a matriz das unicidades, que representa o erro aleatório, Y_j é o vetor referente aos valores assumidos pelo conjunto de variáveis do j-ésimo indivíduo ($j = 1, 2, \dots, n$) e \bar{Y} é o vetor de médias referentes as variáveis avaliadas.

A alocação das variáveis em cada fator foi feita por meio dos *loadings* (l_{ij}), ou cargas fatoriais, que consistiram na correlação entre cada variável e os respectivos fatores. Esses valores, assim como a correlação simples, variam entre -1 e 1 e, quanto maior a carga fatorial (em módulo), mais correlacionada a variável com o respectivo fator.

Após determinados os escores fatoriais, juntamente com a matriz $\hat{\Gamma}_{p \times m}$, foi realizada a rotação ortogonal dos fatores com a finalidade de facilitar a interpretação (Ferreira, 2011), buscando uma estrutura mais simples para a matriz dos *loadings* de modo que a identificação das variáveis latentes fosse simplificada. O critério Varimax proposto por Kaiser (1958) foi utilizado, visto que esse método tem como objetivo buscar fatores com grandes variabilidades nos *loadings*, ou seja, para cada fator, identifica um grupo de variáveis altamente correlacionadas e outro grupo que tenha correlação desprezível ou moderada (Mingoti, 2007; Teixeira et al., 2015). Ao utilizar esse procedimento, para cada fator fixo, a solução foi obtida a partir da maximização da variação (v) dos quadrados dos *loadings* da matriz $\hat{\Gamma}$. O valor de v é definido por (Ferreira, 2011):

$$v = \frac{1}{p^2} \sum_{j=1}^m \left[p \sum_{i=1}^p x_{ij}^4 - \left(\sum_{i=1}^p x_{ij}^2 \right)^2 \right]$$

sendo $x_{ij} = \frac{l_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m l_{ij}^2}}$ a *i*-ésima carga dividida pela raiz quadrada da sua respectiva

comunalidade, que é a proporção de cada variável explicada pelo fator a qual ela pertence e a proporção explicada pelo erro aleatório.

A partir das cargas fatoriais, representadas de forma unidimensional, foi realizada análise de variância (ANOVA) para testar a hipótese de igualdade entre os tratamentos. Para a realização destas análises foi utilizado o *software* R (R Development Core Team, Vienna, AT), com a utilização dos pacotes *psych* e *GPArotation* na geração dos fatores e para realização da ANOVA e do teste de Tukey foi utilizado o PROC GLM do *software* SAS®(2008).

A ANOVA foi realizada segundo o modelo:

$$y = u + G + D + S + GxD + GxS + DxS + GxDxS + e$$

em que:

y é o vetor de observações;

u é o vetor de médias para todas as observações;

G é o vetor de efeitos dos grupos genéticos;

D é o vetor de efeitos dos planos nutricionais;

S é o vetor de efeitos dos sexos;

GxD é o vetor de efeitos das interações entre genótipos e planos nutricionais;

GxS é o vetor de efeito das interações entre genótipos e sexos;

DxS é o vetor de efeitos das interações entre planos nutricionais e sexos;

GxDxS é o vetor de efeitos das interações entre genótipos, planos nutricionais e sexos;

e é o vetor de erros aleatórios associados às observações, $e \sim N(0, \sigma^2)$.

5. RESULTADOS

As estatísticas descritivas para as características avaliadas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), valores mínimo (Min) e máximo (Max) para as características quantitativas de suínos.

Variável	Unidade	N	Média	DP	CV%	Min	Max
GPD	g/d	102	858,64	142,07	16,55	443,00	1136,00
CRD	g/d	102	2403,34	303,69	12,64	1516,00	3084,00
CLD	g/d	102	20,32	5,29	26,02	10,06	32,14
PA	Kg	102	97,59	14,01	14,35	66,00	126,30
P70	Kg	102	24,87	3,55	14,28	16,95	33,05
ETO	Mm	102	16,85	6,40	38,01	6,75	37,89
AOL	cm ²	102	37,99	9,93	26,13	15,89	55,41
RCQ	%	102	79,60	1,79	2,25	75,13	82,97
RCF	%	102	77,46	1,91	2,46	72,44	81,25
Pernil	%	102	25,54	2,02	7,92	20,86	29,75
Paleta	%	102	15,24	0,99	6,49	13,25	17,23
Filezinho	%	102	1,00	0,14	14,47	0,67	1,37
Copa	%	102	1,34	0,19	14,44	0,97	1,79
Barriga	%	102	7,89	0,54	6,81	6,52	9,38
Costela	%	102	11,72	1,13	9,67	8,74	14,59
Lombo	%	102	5,06	0,95	18,72	3,20	7,42
PCE	kg	102	38,96	5,87	15,06	26,55	51,50
pH0	pH	102	6,38	0,29	4,61	5,68	7,02
pH45	pH	102	6,22	0,32	5,18	5,64	6,96
pH24	pH	102	6,10	0,33	5,42	5,61	6,93
L*	Absorb.	102	60,09	2,70	4,50	54,25	67,23
a*	Absorb.	102	6,59	1,10	16,67	3,88	8,94
b*	Absorb.	102	15,24	1,11	7,26	13,02	18,16
PGOTEJ	%	102	8,94	2,70	30,21	1,77	14,70
PCOZ	%	102	20,94	2,63	12,55	15,65	25,99
PTOT	%	102	28,63	3,30	11,54	22,28	36,29
MACIEZ	kg/cm ²	102	3,04	0,58	18,90	1,80	4,78
EE	%	102	2,34	0,46	19,74	1,10	3,00
CRA	%	102	77,72	3,44	4,42	69,54	86,21

GPD = ganho de peso médio diário; CRD = consumo de ração médio diário; CLD= consumo de lisina digestível diário; PA = peso final ao abate; P70 = peso aos 70 dias; ETO = espessura de toucinho medida entre a penúltima e última costelas; AOL = área de olho de lombo medida entre a penúltima e última costelas; RCQ = rendimento de carcaça quente; RCF = rendimento de carcaça fria; Pernil = rendimento de pernil; Paleta = rendimento de paleta; Filezinho = rendimento de filezinho; Copa= rendimento de copa; Barriga = rendimento de barriga; Costela = rendimento de costela; Lombo= rendimento de lombo; PCE = peso da carcaça esquerda; pH0 = pH medido ao abate; pH45 = pH medido 45 minutos *post-mortem*; pH24 = pH medido 24 horas *post-mortem*; L* = luminosidade; a* = índice de vermelho; b* = índice de amarelo; PGOTEJ = perda por gotejamento; PCOZ = perda por cocção; PTOT = perda total; MACIEZ = força de cisalhamento; EE= extrato etéreo; CRA= capacidade de retenção de água.

5.1. Análise multivariada

Segundo o índice KMO (0,69) foi verificada a adequabilidade da matriz de correlação (Hair et al., 2006; Pallant, 2007) indicando a existência de variáveis subjacentes. O teste de esfericidade de Bartlett foi significativo ($p < 0,0001$). Desta forma, existe compatibilidade satisfatória dos dados para a execução da análise de fatores.

A utilização da técnica de análise de fatores multivariada possibilitou a avaliação profunda da estrutura de variância e originou fatores biologicamente interpretáveis. Das 29 variáveis iniciais, foram formados oito fatores para extração (Tabela 3), que estariam maximizando a proporção da variância explicada (74,75%) e atenderam ao critério de Kaiser por apresentarem autovalores maiores que um como é possível observar pelo gráfico *scree plot* (Figura 2).

Para atribuição das variáveis aos oito fatores foram observadas as cargas fatoriais, em que a variável que apresentou maior carga fatorial em um fator foi, então, representada por este fator. Devido ao sentido biológico observado entre as variáveis dentro de seus respectivos fatores, optou-se pelo prosseguimento das análises utilizando-se os cinco primeiros fatores, nos quais foram agrupadas 20 variáveis, que serão descritos a seguir.

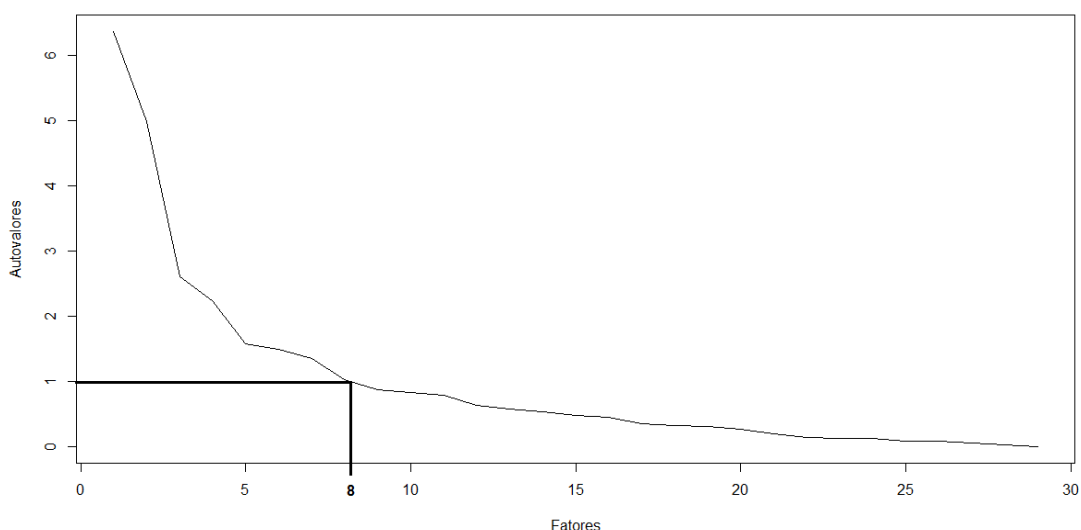


Figura 2 - Gráfico *scree plot* das características quantitativas de suínos, apresentando os autovalores para cada fator gerado antes da rotação.

Tabela 3 - Cargas fatoriais para cada variável em relação aos oito fatores extraídos, as comunalidades (h2), as unicidades (u2) e a variância acumulada explicada por cada fator.

Variáveis	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	h2	u2
GPD	0.91	0.21	-0.01	0.15	0.03	0.09	0.14	0.00	0.93	0,07
CRD	0.85	-0.27	-0.08	0.10	0.13	-0.08	0.17	0.09	0.87	0,13
CLD	0.60	-0.02	0.07	-0.21	0.46	-0.16	-0.07	0.08	0.65	0,35
P70	0.62	0.14	0.05	0.19	0.07	-0.40	0.01	0.07	0.61	0,39
PA	0.94	0.13	0.05	0.21	-0.03	-0.05	0.04	-0.01	0.96	0,05
PCE	0.92	0.04	0.19	0.21	-0.09	-0.04	0.02	-0.11	0.95	0,05
ETO	0.05	-0.88	0.01	-0.18	0.07	0.01	0.05	-0.03	0.81	0,19
AOL	0.58	0.67	0.28	0.07	-0.14	0.14	0.03	-0.01	0.90	0,1
Pernil	0.18	0.87	0.07	0.02	-0.13	0.21	0.13	0.06	0.88	0,12
Paleta	0.02	0.74	-0.07	-0.12	0.13	0.01	0.07	0.08	0.60	0,4
Filezinho	0.03	0.48	0.00	-0.06	-0.18	0.30	0.13	-0.18	0.41	0,59
Copa	-0.12	0.82	0.14	-0.16	-0.01	0.17	0.07	0.07	0.78	0,22
Lombo	0.25	0.86	0.05	0.20	0.01	0.10	0.01	0.05	0.86	0,14
RCQ	0.10	0.14	0.92	-0.04	0.00	-0.03	0.02	0.00	0.88	0,12
RCF	0.11	0.03	0.93	-0.09	-0.16	-0.02	0.08	-0.04	0.91	0,09
PGOTJ	0.22	0.26	-0.12	0.70	0.21	-0.01	0.14	0.10	0.69	0,31
L*	0.24	-0.10	-0.26	0.68	-0.05	0.12	-0.29	-0.09	0.70	0,3
MACIEZ	-0.32	0.12	-0.13	-0.62	-0.01	-0.07	-0.25	0.07	0.59	0,41
pH0	0.01	0.14	-0.25	0.17	0.74	-0.13	-0.11	0.09	0.71	0,3
pH45	0.05	-0.20	-0.01	-0.01	0.71	-0.12	0.02	0.08	0.58	0,42
PCOZ	-0,07	0.29	-0.08	0.09	-0.13	0.80	0.02	-0.05	0.75	0,25
PTOT	-0,19	0.36	0.02	-0.04	-0.27	0.73	-0.06	0.00	0.77	0,23
EE	0.09	0.07	-0.29	-0.12	-0.44	-0.45	0.08	-0.43	0.70	0,3
a*	0.12	0.23	0.20	-0.04	-0.13	-0.12	0.85	-0.03	0.86	0,14
b*	0.34	-0.09	-0.02	0.48	-0.10	-0.16	0.58	-0.01	0.72	0,28
CRA	-0.03	-0.10	0.10	-0.08	-0.08	-0.42	-0.59	0.08	0.57	0,43
Barriga	0.04	-0.44	-0.21	-0.43	-0.18	0.13	-0.10	0.44	0.68	0,32
Costela	-0.01	-0.13	-0.03	0.21	-0.22	-0.03	-0.03	-0.75	0.67	0,33
pH24	0.04	0.13	-0.12	0.38	0.01	-0.29	-0.14	0.64	0.69	0,31
Variância	0,22	0,39	0,48	0,56	0,61	0,66	0,71	0,74	-	-

GPD = ganho de peso médio diário; CRD = consumo de ração médio diário; CLD= consumo de lisina digestível diário; P70 = peso aos 70 dias; PA = peso final ao abate; PCE = peso da carcaça esquerda; ETO = espessura de toucinho medida entre a penúltima e última costelas; AOL = área de olho de lombo medida entre a penúltima e última costelas; Pernil = rendimento de pernil; Paleta = rendimento de paleta; Filezinho = rendimento de filezinho; Copa= rendimento de copa; Lombo= rendimento de lombo; RCQ = rendimento de carcaça quente; RCF = rendimento de carcaça fria; PGOTEJ = perda por gotejamento; L* = luminosidade; MACIEZ = força de cisalhamento; pH0 = pH medido ao abate; pH45 = pH medido 45 minutos *post-mortem*; PCOZ = perda por cocção; PTOT = perda total; EE= extrato etéreo; a* = índice de vermelho; b* = índice de amarelo; CRA= capacidade de retenção de água; Barriga = rendimento de barriga; Costela = rendimento de costela; pH24 = pH medido 24 horas *post-mortem*.

O primeiro fator (F1) foi formado por GPD, CRD, CLD, P70, PA e PCE. Estas variáveis apresentam em comum o fato de serem provenientes de medidas efetuadas ao longo do desenvolvimento dos animais; portanto, este fator recebeu a denominação Desempenho. Todas as cargas fatoriais observadas nesse fator foram positivas, acompanhando a correlação observada entre essas variáveis.

O segundo fator (F2) agrupou as variáveis ETO, AOL, Pernil, Paleta, Filezinho, Copa e Lombo, caracterizando-se por medidas de carcaça e por isso recebeu a denominação Qualidade de carcaça. As cargas fatoriais foram positivas para quase todas variáveis observadas nesse fator, exceto ETO que por possuir carga negativa desempenha incremento de sentido contrário às demais.

No terceiro fator (F3) foram agrupadas as variáveis RCQ e RCF, que recebeu a denominação Rendimento de carcaça, devido a origem destas variáveis. As cargas fatoriais apontam para o desenvolvimento em mesmo sentido para as duas variáveis representadas neste fator.

O quarto fator (F4) recebeu a denominação Qualidade da carne por representar as características PGOTEJ, L* e MACIEZ, que são relacionadas a processos biológicos que podem resultar em uma carne com maior ou menor qualidade, dependendo de suas magnitudes. As cargas fatoriais foram positivas para perdas por gotejamento e L* e negativas para maciez. Desta forma, o incremento das duas primeiras variáveis, ou seja, uma carne com maior perda líquida mensurada por gotejamento após o abate e mais escura, implica em uma carne com menor maciez.

Foram observadas no quinto fator (F5) duas variáveis, pH0 e pH45, e este recebeu o nome de pH inicial, por se tratar de medidas de pH nos primeiros momentos após o abate.

As comunalidades para as variáveis observadas nos cinco fatores com interpretação biológica foram consideradas satisfatórias ao se observar grande parte destes valores maiores que 0,5 (Figueiredo Filho & Junior, 2010). Apenas a variável Filezinho apresentou comunalidade abaixo do limiar proposto, com $h^2 = 0,41$.

5.2. Efeitos de grupo genético, plano nutricional e sexo nos fatores latentes

Análises de variância foram propostas a partir dos escores obtidos pelos cinco fatores observados com objetivo de analisar os efeitos de grupo genético, plano nutricional e sexo e suas interações (Tabela 4).

Entre os fatores avaliados, foi observada a interação significativa ($p=0,036$) entre grupo genético e sexo para a variável latente não observável Desempenho (Figura 3). Para as demais variáveis não foi observada interação significativa. Para os suínos machos avaliados, foi observado um melhor desempenho para Duroc comparado com Piau, sendo que Pietrain não diferiu de Duroc e Piau. Para as fêmeas foi observado melhor Desempenho para Duroc quando comparadas com Piau e Pietrain.

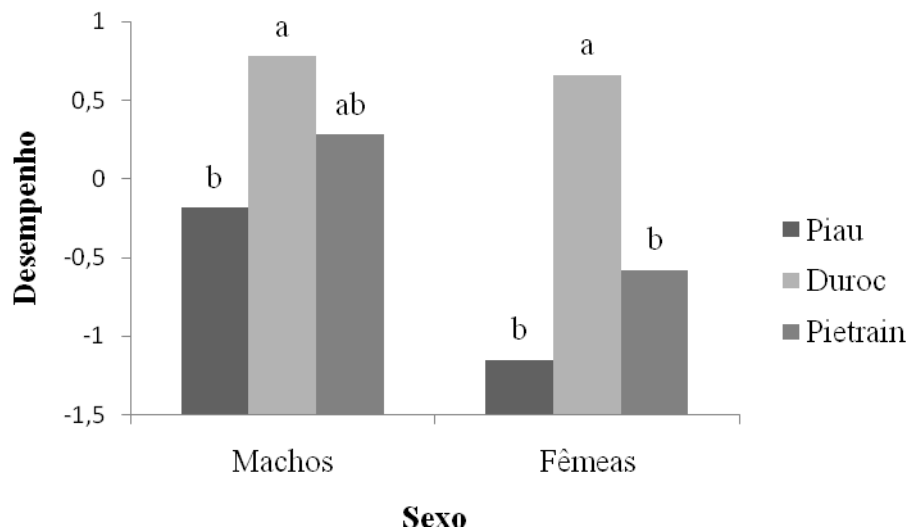


Figura 3 - Comparação entre grupos genéticos e sexo para desempenho. Médias com letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$) por meio do teste de Tukey.

Tabela 4 - Efeitos de grupo genético, plano nutricional e sexo nos fatores obtidos por meio de análise multivariada de fatores para características quantitativas de suínos.

Fatores	Grupos genéticos			P<F	Planos nutricionais			P<F	Sexo		P<F
	Piau N= 32	Duroc N= 36	Pietrain N=34		Baixo	Médio	Alto		Macho	Fêmea	
Desempenho	-0,68±0,74	0,72±0,88	-0,13±0,79		-0,32±0,99 ^b	0,12±0,99 ^a	0,22±0,95 ^a	0,020	0,31±0,85	-0,32±1,05	
Qualidade de carcaça	-1,11±0,69 ^c	0,21±0,62 ^b	0,81±0,54 ^a	<,001	-0,12±1,01	0,01±1,06	0,12±0,94	0,354	-0,17±1,08 ^b	0,18±0,88 ^a	0,001
Rendimento de carcaça	-0,04±0,85 ^{ab}	-0,38±1,06 ^b	0,44±0,91 ^a	0,001	-0,37±0,96 ^b	0,30±0,90 ^a	0,10±1,04 ^{ab}	0,010	-0,07±1,12	0,07±0,87	0,380
Qualidade da carne	-0,33±0,90 ^b	-0,08±0,94 ^{ab}	0,40±1,04 ^a	0,005	0,41±0,97 ^a	0,03±0,92 ^{ab}	-0,48±0,92 ^b	0,001	0,12±0,94	-0,13±1,05	0,186
pH inicial	0,19±1,02	-0,24±1,00	0,08±0,95	0,135	-0,33±0,80 ^b	-0,11±0,96 ^b	0,47±1,08 ^a	0,002	0,18±0,93	-0,18±1,04	0,079

As variáveis latentes Qualidade de carcaça, Rendimento de carcaça e Qualidade da carne foram afetadas pelas diferentes composições genéticas (Tabela 4). Os animais cruzados Pietrain apresentaram melhor média na variável Qualidade de carcaça. Em Rendimento de carcaça, Pietrain e Piau proporcionaram as maiores médias sem diferença significativa, enquanto cruzados Duroc apresentaram menores médias se comparados a Pietrain. A Qualidade da carne apresentou as melhores médias para Piau em comparação com Pietrain, uma vez que incrementos nessa característica resulta em carne com menor MACIEZ e maiores PGOTEJ e L*.

Os planos nutricionais afetaram significativamente as variáveis latentes Desempenho, Rendimento de carcaça, Qualidade da carne e pH inicial, por outro lado, não foi observada diferença significativa para Qualidade de carcaça (Tabela 4). O plano com alto e médio níveis de lisina proporcionaram maiores médias para desempenho em relação ao baixo. Os planos nutricionais com alto e médio nível de lisina obtiveram as maiores médias para Rendimento de carcaça. A Qualidade da carne apresentou maiores médias nos planos nutricionais com médio e baixo nível de lisina, enquanto médio o alto nível de lisina teve resultados inferiores se comparados ao baixo nível deste aminoácido. Para variável latente pH inicial, o plano nutricional com alto nível de lisina apresentou a maior média em relação aos planos nutricionais com médio e baixo níveis de lisina.

O sexo dos suínos utilizados no presente estudo tiveram efeito significativo apenas para a variável latente Qualidade de carcaça, com as fêmeas apresentando média maior que os machos.

6. DISCUSSÃO

6.1. Análise multivariada

Bancos de dados com elevado número de variáveis foram observados na literatura, em que técnicas multivariadas se mostraram adequadas a essas análises, reduzindo a complexidade gerada pelas análises univariadas das mesmas características comumente abordadas na produção animal (Barbosa et al., 2005; Macciotta et al., 2012; Teixeira et al., 2015; Macciotta et al., 2015; Conte et al.

2016). Análise de fatores, entre outras possibilidades multivariadas, é capaz de reduzir esse enredamento univariado gerando resultados satisfatórios em estudos com suínos (Silva et al., 2011, Teixeira et al., 2015; 2016).

A análise de fatores foi capaz de representar o grande número de variáveis correlacionadas. Características correlacionadas tendem a apresentar correlação também no erro amostral e assim tornando mais complexas as interpretações dos resultados quando analisados de forma univariada (Bolormaa et al., 2010). Neste estudo, a matriz de correlação observada entre as variáveis quantitativas originais foi utilizada por meio da análise de fatores e assim a dimensionalidade original, contando com 29 variáveis, foi reduzida a 5 fatores ou variáveis latentes.

Essas novas variáveis, consideradas características latentes não observáveis, foram Desempenho, Qualidade de carcaça, Rendimento de carcaça, Qualidade da carne e pH inicial. Essa técnica vem sendo utilizada em outros estudos com resultados satisfatórios, em que a redução da dimensionalidade e da complexidade das interpretações é alcançada se comparada com tratamentos univariados das características (Silva et al., 2011; Macciotta et al., 2012; 2015; Conte et al., 2016).

As variáveis observadas no fator Desempenho (6 variáveis originais) são altamente correlacionadas, proporcionando então a criação deste fator. A correlação positiva entre essas variáveis implica que a magnitude do valor dessas variáveis determinará a magnitude da expressão dos escores associados a este fator. Desta forma, ao interpretar os escores para Desempenho, a inferência é feita conjuntamente para as variáveis que o compõe (Teixeira et al., 2015). Características similares foram utilizadas por Teixeira et al. (2015; 2016) porém devido a correlação entre outras variáveis não abordadas neste estudo, as formações dos fatores diferiram das aqui observadas. Isso se deve a composição geral do banco de dados, em que a estrutura dos fatores analisa a matriz de correlação entre todas as variáveis originais.

Similar ao encontrado neste trabalho, Silva et al. (2011) observaram a formação de um fator com características relacionadas a qualidade da carcaça em um estudo com suínos, em que foram abordados os métodos brasileiro e americano de classificação de carcaça, além da observação da estrutura de correlação entre as variáveis. Para avaliação de características relacionadas à qualidade de carcaça de

forma univariada, comumente é observada a presença da avaliação da ETO e AOL, e isso se deve a alta e negativa correlação entre essas características e também a correlação observada entre AOL e ETO com grande parte das características de carcaça (Nakano et al., 2015). A carga fatorial negativa para ETO e positiva para as demais variáveis originais presentes neste fator corroboram com as correlações observadas para essas variáveis quando consideradas em análises univariadas. Nakano et al. (2015) observaram correlação de -0,43 entre ETO e AOL em um estudo abordando características de carcaça de suínos Duroc. Assim, menores cargas fatoriais para ETO acarretam em melhores escores para esse fator.

O Rendimento de carcaça implica não só em considerar a quantidade de músculo na carcaça, como observado em maior parte das avaliações de cortes comerciais, mas também gordura, pele e ossos (Martins et al., 2015). Desta forma, a formação deste fator proporciona a avaliação de toda a composição tecidual, e não somente tecido muscular, apesar deste tecido possuir maior valorização de mercado.

A variável latente Qualidade da carne apresentou escore negativo para MACIEZ e positivo para as demais variáveis originais observadas neste fator. Esta informação reforça o sentido biológico ressaltado neste fator, cabendo destacar que menores escores para Qualidade da carne implicariam em melhores produtos. Maiores perdas por gotejamento e maiores luminosidades resultam em carne com maior necessidade de aplicação de força para o cisalhamento, ou seja, menor maciez após o cozimento. Vale ressaltar que essas variáveis possuem limites biológicos que devem ser respeitados, em que a extrapolação destes limites acarreta em produtos indesejáveis tais como a carne PSE (*Pale, soft, exsudative*), que corresponde a um produto mole, pálido e com maiores perdas por exsudação, e DFD (*Dark, firm, dry*), referente a carne escura, dura e seca (Moura et al., 2015).

A formação do fator pH inicial, composto pelas variáveis pH0 e pH45, possibilita inferir sobre o pH aferido nos primeiros momentos após ao abate por meio de uma única variável latente. Uma vez que o pH atua intensamente nos principais eventos post-mortem, essa medida se faz muito importante na geração de produtos suínos de qualidade. O pH inicial pode ser utilizado na detecção precoce de efeitos não desejáveis nos produtos suínos, como a carne PSE que pode ser gerada,

principalmente, a partir de carcaças que apresentam pH₄₅ menores que 5,8 (Casey et al., 2016), e a carne DFD resultante de um pH final mais elevado (Moura et al., 2015).

Os escores obtidos nos fatores possibilitaram a análise posterior devido a correlação entre as variáveis que os compuseram, alcançando a redução na dimensionalidade dos dados em estudo (Teixeira et al. 2016). Na literatura pertinente ao melhoramento genético animal foram observados trabalhos que tratam os fatores como novas variáveis e os utilizam em análises univariadas com interpretações menos complexas que se tomadas nas variáveis originais (Silva et al., 2011; Macciotta et al., 2012; Conte et al., 2016).

6.2. Efeitos de grupo genético, plano nutricional e sexo nos fatores latentes

A análise da interação entre grupo genético e sexo para a variável latente Desempenho apontou para a superioridade entre as fêmeas para as cruzadas Duroc para essa característica; enquanto entre os machos, os castrados Duroc foram superiores aos cruzados Piau, porém semelhantes aos cruzados Pietrain. Em estudos univariados que abordam as variáveis originais utilizadas para formação desse fator é possível observar resultados semelhantes (Faria et al., 2009; Bertol et al., 2013). Suínos Pietrain apresentam menores taxa de crescimento e peso ao abate se comparado a suínos Duroc (Bertol et al., 2013). Diferente ao esperado, cruzados Pietrain machos não apresentaram diferença significativa com relação aos machos cruzados Piau. Suínos da raça naturalizada Piau têm menores escores para Desempenho, o que se explica ao observar estudos univariados em que esses animais apresentaram menores taxas de crescimento (Faria et al., 2009).

Os planos nutricionais com médio e alto níveis de lisina promoveram maior Desempenho nos suínos por proporcionarem melhores valores em características de desempenho em análises univariadas (Corassa et al., 2013; Lee et al., 2016). Neto et al. (2005) observaram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, onde o fornecimento de 1,03% de lisina digestível proporcionou melhores tendências nas características de avaliação do crescimento em suínos. A formação do fator

desempenho contribuiu para a análise conjunta dessas características, indicando que os escores observados estariam possibilitando a análise do efeito dos planos nutricionais ao conduzirem as correlações entre essas variáveis originais. Desta forma, o fornecimento de médio nível de lisina seria suficiente para proporcionar maior desempenho dos suínos com menores custos atrelados ao plano nutricional.

A melhor Qualidade de carcaça foi observada em suínos cruzados Pietrain, demonstrando que animais desse grupo genético são superiores aos demais. Conforme o esperado, os suínos cruzados Piau foram os que apresentaram pior Qualidade de carcaça. Faria et al. (2009) observaram em análises univariadas ao trabalhar com animais F2, que Piau apresenta maior teor de gordura e menor deposição de carne magra na carcaça. Piau constitui um grupo genético conhecido por maior ETO e menor AOL se comparados as raças comerciais devido aos menores esforços de melhoramento genético (Pinheiro et al., 2013).

A ação dos hormônios sexuais pode favorecer as diferenças observadas entre os efeitos de sexo para características que compuseram o fator Qualidade de carcaça (Pinheiro et al., 2013), em que as fêmeas apresentaram melhores escores se confrontadas aos machos castrados. As características que compõem esse fator foram analisadas de forma univariada por Neto et al. (2005), que também verificaram que fêmeas são superiores se comparadas a machos castrados. O maior percentual de gordura subcutânea ao abate observada nos suínos machos castrados em estudo univariado de Guimarães et al. (2011), pode provocar maior retenção de calor corporal, resultando em maior estresse térmico e prejudicando a qualidade da carcaça.

O grupo genético Pietrain se destacou significativamente com relação aos cruzados Duroc com base nos escores apresentados para o fator Rendimento de carcaça, devido a superioridade destes animais para as características representadas por esse fator. Entretanto para essa característica latente, Piau obteve resultado significativo semelhante aos demais grupos genéticos avaliados, demonstrando que apesar de apresentar Qualidade de carcaça inferior, esse grupo genético obteve um bom rendimento geral da carcaça, principalmente pelo conteúdo em gordura observado neste grupo genético. Ressalta-se que o rendimento de carcaça é expresso

em termos das relações entre o peso da carcaça quente e o peso da carcaça fria antes do fracionamento da carcaça, incluindo portanto, carne, gordura, pele e ossos (Martins et al., 2015). Contraditoriamente a esse resultado, Bertol et al. (2013) em estudo de forma univariada, encontraram maiores rendimentos de carcaça quente em suínos Duroc quando comparados a uma linha composta majoritariamente por Pietrain e suínos de raças naturalizadas.

O plano nutricional com nível médio de utilização de lisina estaria favorecendo o Rendimento de carcaça se comparado ao baixo nível de fornecimento deste aminoácido. Coble et al. (2018) ao analisarem as características que compõem Rendimento de carcaça de forma univariada, observaram que menores níveis de lisina proporcionam melhores resultados, entretanto, os autores empregaram níveis de lisina superiores aos utilizados no presente estudo.

O grupo genético Piau se destacou no fator Qualidade da carne em relação ao grupo genético Pietrain, enquanto o grupo genético Duroc não diferiu do demais. Suínos Duroc são comumente descritos como aperfeiçoados em qualidade de carne por apresentarem uma carne mais macia e com menores perdas por exsudação se comparados a outros grupos genéticos comerciais (Peloso et al., 2010; Zhang et al., 2016). Avaliando suínos naturalizados, Bertol et al. (2010) em análises univariadas, verificaram uma positiva contribuição destes animais na qualidade de carne suína, justificando escores mais significativos em Piau no presente trabalho, o que pode ser justificado pela maior deposição de gordura intramuscular, que está incluída no fator Qualidade da carne, nesses grupos genéticos. Vale ressaltar que Pietrain neste estudo também apresentou pior Qualidade de carne, assim como constatado por Bertol et al. (2010) em abordagem univariada, ao avaliar animais Embrapa MS115 com composição genética majoritariamente Pietrain.

Os diferentes níveis de lisina afetaram também a Qualidade da carne. Após a síntese em carnitina, a lisina é armazenada no tecido muscular, atuando no processo de oxidação de ácidos graxos. Desta forma menores níveis de lisina tem potencial para reduzir a oxidação dos ácidos graxos, resultando no aumento de gordura intramuscular em função de uma menor deposição proteica e produzindo carne mais clara (Lee et al., 2016), e também com maior maciez.

Diante do observado para pH inicial, é possível notar que níveis diferentes de lisina provocaram diferenças na redução do pH nos momentos iniciais com a carcaça ainda quente, ainda que os valores médios observados para cada tratamento se encontravam dentro das faixas consideradas normais. Os planos nutricionais com menores níveis de lisina estariam ligados aos valores menores de pH inicial e os maiores níveis aos maiores pH inicial. Assim se torna importante atentar que esses valores devem ser mantidos a fim de preservar os limites biológicos para essa característica e precaver o desencadeamento de eventos deletérios à qualidade do produto final. Vale salientar que em decorrência de reduções muito acentuadas no pH inicial, são observadas intensificações nos processos de desnaturação proteica que favoreceriam aspectos indesejáveis tais como a carne PSE (Melo et al., 2014), o que não se aplica aos valores médios de pH verificados nas características que compuseram o fator pH inicial. É importante mencionar que altos valores de pH inicial podem originar desvios nos processos de glicólise *post-mortem*, que poderiam intensificar procedimentos que favoreceriam carne com características indesejáveis sob aspecto DFD. Carnes com aspecto DFD resultam em intensificação da coloração e redução do tempo de conservação dos produtos gerados (Van Der Wal et al., 1988), gerando produtos de qualidade inferior e de baixa aceitação no mercado (Moura et al., 2015).

7. CONCLUSÃO

A análise de fatores permitiu a redução na dimensionalidade dos dados. A identificação de cinco variáveis latentes ortogonais, as quais foram intituladas Desempenho, Qualidade de carcaça, Rendimento de carcaça, Qualidade da carne e pH inicial, possibilitou a representação do conjunto de 29 variáveis originais. O uso dessas variáveis latentes permitiu um melhor entendimento das inter-relações entre as características quantitativas em suínos.

Duroc apresentou melhor Desempenho entre os animais comerciais. O plano nutricional com baixo nível de lisina esteve relacionado ao pior Desempenho. Para Qualidade de carcaça, Pietrain foi o melhor grupo genético e as fêmeas obtiveram

melhores resultados em relação aos machos. Piau se destacou para Qualidade da carne.

A avaliação conjunta de grupo genético, plano nutricional e sexo permite melhor entendimento e visualização mais clara do comportamento das novas variáveis, auxiliando de forma positiva a produção de carne suína, indicando as possibilidades de utilização de variáveis mais informativas para o melhoramento animal.

8. REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Método Brasileiro de Classificação de Carcaça. 1973. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br>>. Acesso em: dez. 2017.

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. 2013. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br/images/pdf/registro.pdf>>. Acesso em: Jan. 2018.

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Produção de suínos: teoria e prática, 2014. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/1823_Livro%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: Jan. 2018.

BALATSKY, V.; BANKOVSKA, I.; PENA, R.N.; SALENKO, A.; BUSLYK, T.; KORINNYI, S.; DORAN, O. Polymorphisms of the porcine cathepsins, growth hormone-releasing hormone and leptin receptor genes and their association with meat quality traits in Ukrainian Large White breed. **Mol Biol Rep**, v.43, p.517-526, 2016.

BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J.; GUIMARÃES, S.E.F.; TORRES, R.A. Estudos da associação entre características de desempenho e de carcaça de suínos por meio de correlação canônica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.2218-2224, 2005.

BERTOL, T.M.; DE CAMPOS, R.M.L.; COLDEBELLA, A.; FILHO, J.I.S.; FIGUEIREDO, E.A.P.; TERRA, N.N.; AGNES, I.B.L. Qualidade da carne e desempenho de genótipos de suínos alimentados com dois níveis de aminoácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 621-629, 2010.

BERTOL, T.M.; DE CAMPOS, R.M.L.; LUDKE, J.V.; TERRA, N.N.; FIGUEIREDO, E.A.P.; COLDEBELLA, A.; DOS SANTOS FILHO, J.I.; KAWSKI, V.I.; LEHR, N.M. Effects of genotype and dietary oil supplementation on

performace, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. **Meat Science**, v.93, p.507-516, 2013.

BOLORMAA, S.; PRYCE, J.E.; HAYES, B.J. GODDARD, M.E. Multivariate analysis of genome-wide association study in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3818-3833, 2010.

BRASIL. **Food of animal origin sanitary and industry inspection**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997.

BUUREN, S. V. Flexible imputation of missing data. CRC press, 2012. 342P.

CASTRO, S. T. R.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; GERMANO, J. L. Census of Brazilian naturalized swine breeds. **Archivos de zootecnia**, v.51, p.235-239, 2002.

CAZEDEY, H.P.; TORRES FILHO, R.A.; FONTES, P.R.; RAMOS, A.L.S.; RAMOS, E.M. Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. **Ciência Rural**, v.46, n.12, p.2241-2248, 2016.

COBLE, K.F.; WU, F.; DEROCHEY, J.M.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; GOODBAND, R.D.; WOODWORTH, J.C.; USRY, J.L. Effect of standardized ileal digestible lysine and added copper on growth performace, carcass characteristics, and fat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 2018.

CONTE, G.; SERRA, A.; CREMONESI, P.; CHESSA, S.; CASTIGLIONI, B.; CAPPUCCI, A.; BULLERI, E.; MELE, M. Investigating mutual relationship among milk fatty acids by multivariate factor analysis in dairy cows. **Livestock Science**, v.188, p.124-132, 2016.

CORASSA, A.; KIEFER, C.; GONÇALVES, L.M.P. Planos nutricionais de lisina para suínos da fase inicial a terminação. **Archivos Zootecnia**, v.62, n.240, p.533-542, 2013.

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.

EGEA, M.; LINARES, M.B.; GARRIDO, M.D.; MADRID, J. HERNÁNDEZ, F. Feeding Iberian x Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. **Meat Science**, n.111, p.78-84, 2016.

FARIA, D.A.; PEIXOTO, J.O.; LOPES, P.S.; PAIVA, S.R.; SILVA, P.V.; GUIMARÃES, S.E.F. Association between insulin-like growth factor I (IGF) microsatellite polymorphisms and important economic traits in pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.265-270, 2009.

FÁVERO, J.A.; FIGUEIREDO, E.A.P. Evolução do melhoramento genético de suínos no Brasil. **Revista Ceres**, n.56, v.4, p.420-427, 2009.

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

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; JUNIOR, J.A.S. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v.16, n.1, p.160-185, 2010.

FORTES, E.I.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; SARAIVA, A.; SILVA, F.C.O.; SOUZA, M.F.; ROCHA, G.C. AND ALEBRANTE, L. Digestible lysine for 63 to 103 day-old barrows of genetic lines selected for lean deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 2167-2171, 2011.

GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, C.A. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1742-1749, 2001.

GUIMARÃES, G.G.; MURATA, L.S.; MCMANUS, C.; SANTANA, A.P.; RECKZIEGEL, G.C.; AMÂNCIO, A.S.; FILHO, R.M.J.; SOBRINHO, A.J.F. Desempenho de suínos de dois cruzamentos de linhagens comerciais criados em cama sobreposta. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.11-18, 2011.

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

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.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft**, v. 67, n. 9, p. 1098-1102, 1987.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice hall Englewood Cliffs, 2007. 773p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

KATSUMATA, M.; KYOYA, T.; ISHIDA, A.; OHTSUKA, M.; NAKASHIMA, K. Dose-dependent response of intramuscular fat accumulation in longissimus dorsi muscle of finishing pigs to dietary lysine levels. **Livestock Science**, v. 149, n. 1, p. 41-45, 2012.

LEE, S.D.; JUNG, H.J.; PARK, J.C.; SONG, Y.M. Effects of dietary lysine and gamma-linolenic acid levels on growth performance and meat quality in finishing pigs. **Journal of Agriculture & Life Science**, v.50, n.5, p.129-137, 2016.

LU, P.; LI, D.; YIN, J.; ZHANG, L.; WANG, Z. Flavour differences of cooked longissimus muscle from Chinese indigenous pig breeds and hybrid pig breed (Duroc x Landrace x Large White). **Food Chemistry**, v.107, p.1529-1537, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>. Acesso em: dez. 2017.

MACCIOTTA, N.P.P.; CECCHINATO, A.; MELE, M.; BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. v. 95, p. 7346-7354, 2012.

MACCIOTTA, N.P.P.; DIMAURO, C.; NULL, D.J.; GASPA, G.; CELLESI, M. COLE, J.B. Dissection of genomic correlation matrices of US Holsteins using multivariate factor analysis. **Animal Breeding and Genetics**. n.132, p. 9-20, 2015.

MARTINS, D.S.; SOARES, M.A.; STEFFENS, J. Qualidade da carcaça e rendimento de cortes suínos com o uso de ractopamina. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p.1503-1508, 2015.

McMANUS, C.; PAIVA, S.R.; SILVA, A.V.R.; MURATA, L.S.; LOUVANDINI, H.; CUBILLOS, G.P.B.; CASTRO, G.; MARTINEZ, R.A.; DELLACASA, M.S.L.; PEREZ, J.E. Phenotypic Characterization of Naturalized Swine Breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.3, p.583-591, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007. 295p.

MOREIRA, I.; GASPAROTTO, L.F.; FURLAN, A.C.; PATRÍCIO, V.M.I.; OLIVEIRA, G.C. Exigência de Lisina para Machos Castrados de Dois Grupos Genéticos de Suínos na Fase de Terminação, com Base no Conceito de Proteína Ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.96-103, 2002.

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.

NANTEL-FORTIER, N. et al. Detection and Phylogenetic Analysis of the Hepatitis E Virus in a Canadian Swine Production Network. **Food Environ Virol**, v.8, p. 296, 2016.

NAKANO, H.; SATO, S.; UEMOTO, Y.; KIKUCHI, T.; SHIBATA, T.; KADOWAKI, H.; KOBAYASHI, E.; SUZUKI, K. Effect of VRTN gene polymorphisms on Duroc pig production and carcass traits, and their genetic relationships. **Animal Science Journal**, v. 86, p. 125-131, 2015.

NETO, M.A.T.; MOREIRA, J.A.; BERTO, D.A.; ALBUQUERQUE, R.; SHAMMASS, E.A. Energia metabolizável e lisina digestível para suínos na fase de crescimento, criados em condições de segregação sanitária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1980-1989, 2005.

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

PASTORELLI, G. , ROSSI R., RATTI S., CORINO C. Plant extracts in heavy pig feeding: effects on quality of meat and Cremona salami. **Animal Production Science**. v.56, n.7, 2014.

PELOSO, J.V.; LOPES, P.S.; GOMIDE, L.A.M.; GUIMARÃES, S.E.F.; CARNEIRO, P.I.S. Carcass and ham quality characteristics of heavy pigs from different genetic groups intended for the production of dry-cured hams. **Meat Science**, v.86, p.371-376, 2010.

PINHEIRO, R.E.E.; CARDOSO, E.C.; KLEIN JÚNIOR, M.H.; MURATORI, M.C.S.; LOPES, J.B.; FARIAS, L.A.; TEIXEIRA, M.P.F. Meat quality of commercial crossbred and undefined breed swine raised in intensive system. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.149-160, 2013.

R Development Core Team (2005) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0

RENCHER, A. C.; SCHALLJE, G. B. **Linear models in statistics**. Department of Statistics, Brigham Young University: Provo-UT, 2008.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Brazilian tables for poultry and swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2011

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E.; SEVON-AIMONEN, M.L.; PARTANEN, K.; VOUTILA, L.; NIEMI, J. Carcass and meat quality traits of four different pig crosses. **Meat science**, v. 90, n. 3, p. 543-547, 2012.

SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. Copyright © 2008, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

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.

SOLLERO, B.P. Diversidade genética das raças naturalizada de suínos no Brasil por meio de marcadores microssatélites. Dissertação de Mestrado. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 87 p.

SOLLERO, B.P.; PAIVA, S.R.; GUIMARÃES, S.E.F.; CASTRO, S.T.R.; EGITO, A.A.; ALBUQUERQUE, M.S.M.; PIOVEZAN, U.; BERTANI, G.R.; MARIANTE, A.S. Genetic diversity of Brazilian pig breeds evidenced by microsatellite markers. **Livestock Science**, n.123, p.8-15, 2009.

STOIER, S.; LARSEN, H.D.; AASLYNG, M.D.; LYKKE, L. Improved animal welfare, the right technology and increased business. **Meat Science**, v.120, p. 71-77, 2016.

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.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, 2016. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: jan. 2018.

VENTURA, H.T.; LOPES, P.S.; PELOSO, J.V.; GUIMARÃES, S.E.F.; CARNEIRO, A.P.S.; CARNEIRO, P.L.S. Use of multivariate analysis to evaluate genetic groups of pigs for dry-cured ham production. **Livestock Science**, v. 148, n. 3, p. 214-220, 2012.

VAN DER WAL, P.G.; BOLINK, A.H.; MERKUS, G.S.M. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. **Meat Science**, n.24, p.79-84, 1988.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: III. Effect of the interaction between end point temperature and tenderness on Warner-Bratzler shear force of beef longissimus. **Journal of animal science**, v. 77, n. 2, p. 400-407, 1999.

ZHANG, C.; LUO, J.Q.; ZHENG, P.; YU, B.; HUANG, Z.Q.; MAO, X.B.; HE, J.; YU, J.; CHEN, J.L.; CHEN, D.W. Differential expression of lipid metabolism-related genes and myosin heavy chain isoform genes in pig muscle tissue leading to different meat quality. **Animal**, v. 9, n. 6, p. 1073-80, Jun 2015.

ZHANG, H.; AALHUS, J.L.; GARIÉPY, C.; UTTARO, B.; LÓPEZ-CAMPOS, O.; PRIETO, N.; DUGAN, M.E.R.; JIN, Y.; JUÁREZ, M. Effects of pork differentiation strategies in Canada on pig performance and carcass characteristics. **Canadian Journal of Animal Science**, v.96, p.512-523, 2016.