



**UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE IMAGEM EM ASSOCIAÇÃO COM
ANÁLISES DISCRIMINANTES PARA DETERMINAÇÃO DA GORDURA
INTRAMUSCULAR DO MÚSCULO *LONGISSIMUS THORACIS ET
LUMBORUM* DE SUÍNO**

Marianne Cristina Gonçalves Hasse

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia da Ciência Animal

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança

2019

Marianne Cristina Gonçalves Hasse



**UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE IMAGEM EM ASSOCIAÇÃO COM
ANÁLISES DISCRIMINANTES PARA DETERMINAÇÃO DA GORDURA
INTRAMUSCULAR DO MÚSCULO *LONGISSIMUS THORACIS ET
LUMBORUM* DE SUÍNO**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança, como requisito para o grau de Mestre em Tecnologias da Ciência Animal, no âmbito da dupla-diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientada por :

Alfredo Jorge Costa Teixeira

Luis Avelino Guimarães Dias

Vicente de Paulo Macedo

Bragança

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado a vida, saúde e forças para acreditar e lutar pelos meus sonhos e propor sempre diversas possibilidades.

A UTFPR- Campus Dois Vizinhos e ao Instituto Politécnico de Bragança e a todos os professores (as) que contribuíram pela maravilhosa oportunidade em busca do conhecimento e aperfeiçoamento.

Ao meu orientador Luis Avelino Guimarães Dias, por toda orientação, apoio científico, confiança depositada na realização deste e conselhos para tornar o trabalho possível; Professor Doutor Alfredo Jorge Costa Teixeira pela proposta do tema e Professor Doutor Vicente de Paulo Macedo por todo o conhecimento transmitido.

Ao Laboratório de Tecnologia e Qualidade da Carcaça e da Carne e a responsável Técnica Etelvina Pereira pela ajuda prestada no desenvolvimento deste trabalho e ensinamentos pacíficos passados.

A minha família, especialmente a minha mãe pela coragem, incentivo e exemplo de vida, por fazerem-me acreditar que tudo pode ser conquistado.

Aos meus amigos e colegas, que fiz ao longo do caminho e sempre estiveram presentes, prestando conselhos e apoio.

"Não encontre um defeito, encontre uma solução."

Henry Ford

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	iii
Dedicatória.....	iv
Índice de figuras	vi
Índice de quadros	viii
Lista de abreviaturas	ix
Resumo	x
Abstract	xi
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO	13
2.2 RAÇA BÍSARA.....	17
2.3 GORDURA INTRAMUSCULAR E SUA RELAÇÃO COM AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DA CARNE	18
2.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARAMÊTROS DA CARCAÇA	20
2.5 ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	22
2.5.1 ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR.....	22
2.5.2 ANÁLISE DISCRIMINANTE QUADRÁTICA	23
2.5.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE DE MISTURA	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 AMOSTRAGEM	25
3.2 MEDIÇÕES FÍSICAS NO ANIMAL	26
3.3 MEDIÇÕES NA IMAGEM DO MÚSCULO	27
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÃO.....	45
6 REFERÊNCIAS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Corte da carcaça realizada em Portugal.

Figura 2- Padrões de marmoreio do NPPC.

Figura 3- Medidas realizadas no músculo LTL.

Figura 4- Partículas de gordura intramuscular no músculo LTL.

Figura 5- Relação polinomial de 2º grau entre gordura intramuscular e a % gordura intermuscular.

Figura 6- Relação polinomial de 2º grau entre gordura intermuscular e a % gordura intramuscular.

Figura 7- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a % Gordura Subcutânea.

Figura 8- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a Gordura Intermuscular.

Figura 9- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a % Gordura Intramuscular.

Figura 10- Variação dos grupos de classificação da percentagem de gordura intramuscular.

Figura 11.- Distribuição de valores de percentagem de gordura intramuscular para os 3 grupos definidos.

Figura 12– Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA obtido. G1: 0,6- 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

Figura 13 – Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular definidas pelo modelo QDA obtido, no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA. G1: 0,6- 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

Figura 14 – Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular definidas pelo modelo MDA obtido, no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA. G1: 0,6-1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1- Classificação pelo sistema SEUROP.

Tabela 2- Exemplo de Tabela de Contingência para análise com dois grupos.

Tabela 3- Resultados globais das variáveis dependentes (pesos apresentados em quilogramas).

Tabela 4- Resultados globais das medidas a partir do tratamento de imagem à fotografia do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (cm).

Tabela 5- Resultados globais dos 3 modelos de classificação dos grupos semi-quantitativos da percentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus thoracis et lumborum*.

LISTA DE ABREVIATURAS

- ATM- área total do músculo
- GINTER- gordura intermuscular
- GINTRA- gordura intramuscular
- GSUB- gordura subcutânea
- HM (height)- altura do músculo
- Kg- quilogramas
- LDA- análise discriminante linear
- LTL- *Longissimus thoracis et lumborum*
- MDA- análise discriminante de mistura
- MUSC- músculo
- PCD- peso da carcaça na desmancha
- PCF- peso de carcaça fria
- PCQ- peso de carcaça quente
- PMCED- peso da meia carcaça esquerda dissecada
- PV- peso vivo
- QDA- análise discriminante quadrática
- WM (widht)- largura do músculo

RESUMO

O objetivo global deste trabalho foi semi-quantificar a gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* usando medidas obtidas da análise imagem deste músculo, em conjunto com o peso vivo e parâmetros da carcaça de porcos da raça Bísara, utilizando várias técnicas de análise discriminante. As amostras de músculo foram obtidas de 21 suínos Bízaro. Efetuou-se uma caracterização geral dos animais amostrados associados aos pesos do animal e carcaça, incluindo valores de peso de músculo e de gorduras. Foram realizadas três diferentes técnicas de classificação para uma análise semi-quantitativa para se verificar qual a mais adequada para a determinação da quantidade de gordura intramuscular: análise discriminante linear, análise discriminante quadrática e análise de misturas. O programa estatístico usado no tratamento dos dados foi o R[®]. Os parâmetros obtidos do tratamento da imagem fotográfica de cada músculo foram resultados médios de três resultados concordantes (desvio padrão percentual menor ou igual a 5%). Globalmente, a análise discriminante de mistura permitiu obter um modelo de previsão com 100% de classificações corretas na validação cruzada na identificação dos níveis de percentagem de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* em 3 grupos: 0,6 - 1,1 % de gordura intramuscular; 1,25 - 1,5 % de gordura intramuscular; e, >1,5 % de gordura intramuscular. Os resultados mostraram que a análise de imagem da fotografia do músculo aliado com a análise discriminante de mistura permite uma eficiente análise semi-quantitativa da gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum*. Os resultados preliminares obtidos neste estudo permitem inferir que esta metodologia poderá ter potencialidades para, após mais estudos envolvendo um maior número de animais, ser usada em linhas de avaliação da qualidade da carne (por exemplo, matadouros) por ser uma técnica de fácil aplicabilidade, baixo custo e rápida, ao contrário da técnica de referência, que é a análise química.

ABSTRACT

The overall objective of this study was to quantify intramuscular fat in *Longissimus thoracis et lumborum* muscle using measurements obtained from the image analysis of this muscle, together with live weight and carcass parameters, of Bísaro pigs using several discriminant analysis techniques. Muscle samples were obtained from 21 Bísaro pigs. A general characterization of the sampled animals was carried out using the animal and carcass weights parameters, including muscle and fat weight values. Three different classification techniques were used for a semi-quantitative analysis to verify which one was the most suitable for determining the intramuscular fat percentage: linear discriminant analysis, quadratic discriminant analysis and mixture discriminant analysis. The statistical program used in data processing was R. All parameters obtained from the photographic image treatment of each muscle were mean results of three concordant results (standard deviation less than or equal to 5%). Overall, the mixture discriminant analysis technique allowed to obtain a prediction model with 100% correct classification using the cross validation, in the identification of the levels of intramuscular fat percentage in the muscle *Longissimus thoracis et lumborum* into 3 groups: 0.5 - 1.1% of intramuscular fat; 1.25 - 1.5% intramuscular fat; and >1.5% intramuscular fat. The results showed that the image analysis of the allied muscle with the discriminant analysis of the mixture allows an efficient semi-quantitative analysis of the intramuscular fat in the muscle *Longissimus thoracis et lumborum*. The preliminary results obtained in this study allowed to infer that this methodology may have the potential to be used in meat quality evaluation lines (for example, slaughterhouses), after more studies involving a larger number of animals, because it is an easily applicable, low cost and fast technique, unlike the reference technique, which is chemical analysis.

1 INTRODUÇÃO

Há diversos métodos para a classificação, tipificação e avaliação de carcaças de animais de produção. As técnicas de referência são demoradas e implicam a medição dos pesos de conteúdos e depósitos da carcaça e de peso vivo. Técnicas analíticas mais recentes permitem que as avaliações das características de composição tecidual de carcaças sejam mais rápidas e com resultados precisos e exatos como, por exemplo, a análise de vídeo imagem, ultrassonografia, *scanning* eletromagnético e tomografia computadorizada.

Cada uma destas técnicas tem a sua especificidade, vantagens e desvantagens e, por isso, a sua seleção depende dos objetivos de aplicação na indústria. Estas técnicas acopladas com modelos estatísticos permitem desenvolver modelos de previsão de parâmetros de componentes corporais (Torres et al., 2018)

Neste trabalho pretendeu-se fazer a análise de imagens de fotografias do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de porcos da raça Bísara e o valor do peso da carcaça fria, para a determinação da sua gordura intramuscular, com o objetivo de desenvolver uma metodologia rápida e fácil aplicação na avaliação da qualidade da carne num matadouro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DA CARÇA DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO

A carcaça de um animal é o corpo deste, após a insensibilização, sangria, escaldado, peladura, evisceração e enxugo (Amorin et al., 2015). De acordo com o Regulamento (CE) nº 3513/93 do Conselho de 14 de Dezembro de 1993, carcaça suína por definição são: As carcaças inteiras ou meias, provenientes de animal abatido, sangrado e eviscerado, inteiro ou dividido ao meio, sem as unhas, as cerdas, língua, órgãos genitais, rins, diafragma e as banhas, possuindo ou não mamilos. Através do corte da carcaça inteira obtém-se a meia carcaça, com ou sem mioleira, língua e espinal medula, a qual atravessa as vértebras cervicais, lombares e sagradas, pelo ou por toda a extensão do esterno e da sínfise isquiopúbica (Amorin et al., 2015).

Quando se fala em carcaças de animais de produção, são componentes decisivos ao valor conferido, três tecidos fundamentais: Osso, músculo e gordura. Estes são dependentes de alguns fatores, os quais citam: Raça, sexo, peso, nível e composição alimentar, fatores ambientais e a idade em que o animal é abatido (Osório et al., 2011). Na hora da comercialização de uma carcaça o primeiro critério a ser analisado é o peso, rendimento e conformação da carcaça, seguido da deposição de gordura e aspectos visuais como a cor da carne (Moreno et al., 2014).

Por meio da carcaça dos animais podem-se fazer diversos estudos para a determinação de características quantitativas e qualitativas. Uma das primeiras que se realiza são a tipificação e classificação das carcaças. Esta avaliação difere-se de acordo com cada país, devido aos padrões que o mercado estabelece e possibilita variadas ofertas categóricas para os consumidores.

Para a determinação de características específicas da constituição da carcaça usam-se métodos, que podem ser invasivos (exigem o abate do animal) e não invasivos (Osório et al., 2011). A escolha do método a ser utilizado em cada caso depende principalmente do investimento que cada um necessita.

Um dos métodos para conhecer a composição do animal é a dissecação, através desta conhece-se a composição tecidual, possibilitando o estudo da composição e a divisão da carcaça em diferentes categorias por completo do animal, é separada e dividida em osso, músculo e gordura (Fisher e De Boer, 1994).

As técnicas de desmancha são variáveis de acordo com as exigências do mercado consumidor e diferem-se ente as regiões. A desmancha usada atualmente em Portugal está representada na Figura 1.

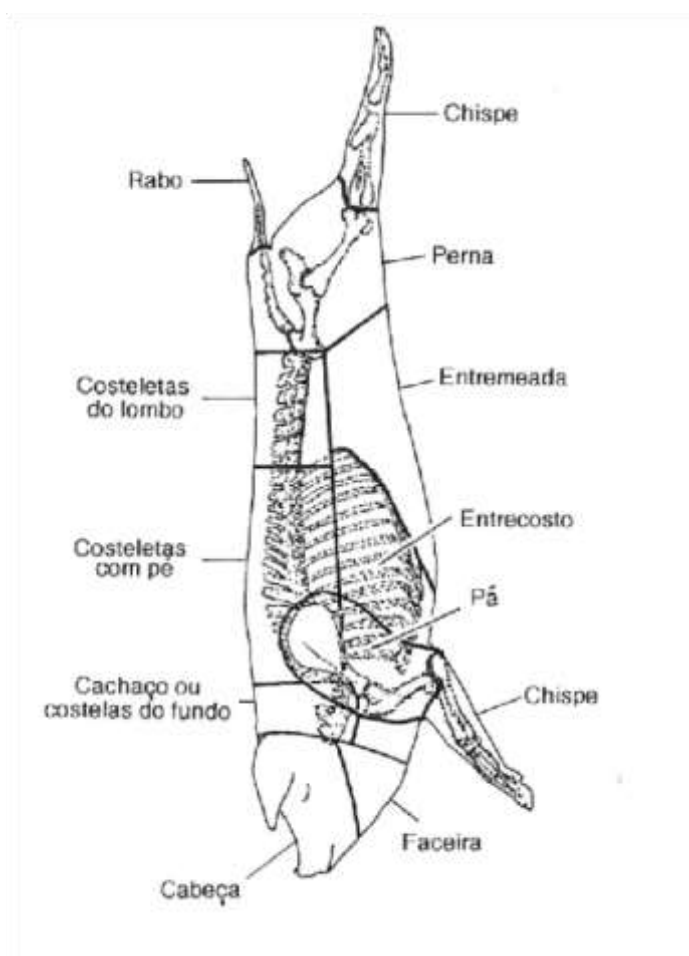


Figura 1. Corte da carcaça realizada em Portugal.

Fonte: Swatland,, 2004

Atualmente é de extrema importância a informação de classificação e tipificação de carcaças em animais de produção. Para a classificação de carcaças suínas a União

Europeia possui o sistema SEUROP, onde os animais são tipificados no momento da sua pesagem e classificados de acordo com a porcentagem de carne magra. Na Tabela 1 está apresentada a classificação de acordo com o sistema SEUROP.

Tabela 1- Classificação pelo sistema SEUROP.

CLASSE	PERCENTAGEM DE CARNE MAGRA
S	>60
E	55-60
U	50-55
R	45-50
O	40-45
P	<40

Fonte: AMSA, 2001.

Com a importância da composição da carcaça, em 1999, o National Pork Producer's Council (NPPC) desenvolveu um sistema para padronizar as características cor e marmoreio de carne de porco. Também criou alguns padrões de marmoreio para a orientação no processamento e comercialização (demonstrado na Figura 2). Os padrões propostos foram fotografados por cientistas da época (Berg, 1997) e são usados até hoje para avaliações subjetivas. Esta escala vai de 1.0 (desprovido) a 10.0 (abundante). Chama-se a atenção para a gordura intramuscular, onde os valores que se esperam sejam entre 2 e 4%. A avaliação de gordura intramuscular em suínos ocorre principalmente de forma comparativa com imagens.

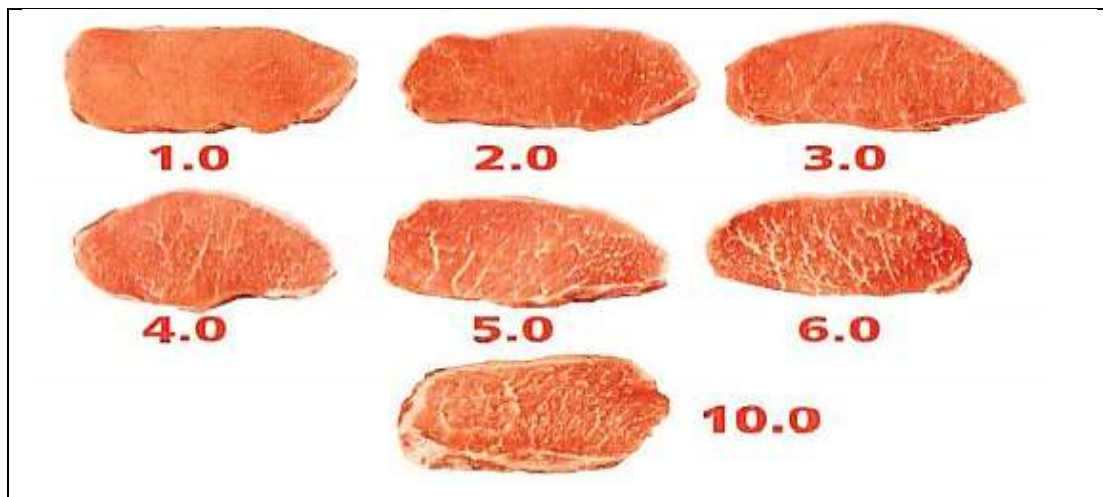


Figura 2- Padrões de marmoreio do NPPC.

Fonte: AMSA, 2001.

A palatabilidade e aceitabilidade da carne suína estabelecem-se pela distribuição e quantidade da gordura visível no músculo *Longissimus thoracis et lumborum*. Entretanto estes sistemas citados são subjetivos e precisam ser comparados entre a classificação e a composição das características de rendimento da carcaça. Nos últimos anos foram desenvolvidos ferramentas e métodos para a determinação precisa e consistente dos componentes da carcaça. A qualidade de carcaça depende de diversos fatores, entre eles está à quantidade de musculo e gordura presentes na carcaça e suas distribuições, estas características são essenciais para o mercado consumidor e definem o valor do produto (Amorin et al., 2015).

O consumidor aumentou a sua exigência com os produtos que consome, conseqüentemente houve uma necessidade de aumentar a produção e a qualidade de carnes (Lawrie, 2005). Dessa forma têm-se a necessidade de avaliar as carcaças de forma objetiva e eficaz nas linhas de abate, otimizando tempo e facilitando a classificação das carcaças para a comercialização.

2.2 RAÇA BÍSARA

A carne mais consumida por Portugal é a carne suína, com 44,9 Kg per capita (Instituto Nacional de Estatística INE, 2017). A raça Bisara é autóctone de Portugal originária do tronco Céltico. Ficou em seu estado primitivo até meados do século XX (Póvoas, 1944). A sua criação e utilização se dá na região Norte e Central de Portugal. A sua criação se dá em maioria por produção familiar (Amorin et al., 2015).

A raça Bísara é reconhecida pela sua alta prolificidade, possui crescimento lento e desfavorável conformação de carcaça e valores médios em relação à gordura. Em contra partida apresenta excelentes aspectos sensoriais da carne. Na metade do século XX ela passou a ser substituída por raças mais produtivas, oriundas do Ásia e do norte e centro da Europa. Na década de 90 havia poucos animais da raça que se concentravam particularmente no Norte de Portugal. Posteriormente a isso, para a raça não ser extinta, na mesma década começaram os programas de recuperação e preservação da raça Bísara, os quais continuam até hoje, buscando a preservação e desenvolvimento da mesma até o momento (Santos Silva, Araujo et al., 2019).

De acordo com as informações da Associação Nacional de Criadores de Suínos da Raça Bísara (ANCSUB), no ano de 2014 havia 370 machos reprodutores e 3.400 fêmeas reprodutoras, registrados no livro genealógico, distribuídos em 120 explorações localizadas a maioria no Norte do país. Já em agosto de 2017, havia 5.460 matrizes, 520 reprodutores registrados. Através destes dados, pode-se ver o crescimento e valorização que teve nos últimos anos, devido a uma maior procura pelos consumidores por produtos ibéricos tradicionais, isso se deve ao fato de ser considerada uma raça que produz carne de qualidade (DR, 2005).

Quando se fala em proporção de carcaça, estes apresentam uma maior quantidade de músculo em relação a gordura, conseguindo uma carne com pouca gordura subcutânea (atoucinhada), mas com bons valores de gordura entremeada (intramuscular), além disso, possui boas características organolépticas, ser suculenta e tenra, devido as bons valores de gordura intramuscular (Amorin et al., 2015).

Estudos realizados por pesquisadores da Escola Superior Agrária de Coimbra demonstram que as carnes de leitão da raça Bísara apresentam boa distribuição de

gordura intramuscular e melhor capacidade de retenção de água, quando comparados a leitões híbridos (Santos Silva, Araujo et al., 2019).

Geralmente, nas criações tradicionais, a sua dieta é composta por subprodutos de forragens e plantas da região local, levando em consideração os ciclos anuais de colheita. Normalmente os porcos Bísaro são abatidos entre um e dois anos de idade, com peso variando de 120 à 180 kg. As fases do desempenho são: Crescimento é a fase que varia do desmame até aproximadamente 30 Kg. Estágios de engorda precoce, média e tardia, com valores compreendidos de 30 à 60 Kg, 60 à 100 Kg e acima de 100 kg.

Uma das principais diferenças observadas na criação de porcos Bísaro e os sistemas intensivos é o uso de alimentos regionais, como por exemplo, castanhas, gramíneas bolota e carvalho e a criação em sistemas de pastejo. Esse é dos fatores que resulta nas características qualitativas da carne.

Normalmente os animais desta raça são abatidos posteriormente à maturidade sexual, nesta fase é quando o crescimento muscular se estabelece e há as maiores taxas de deposição de gordura subcutânea e intramuscular (taxa superiores a 60% de ácidos graxos monoinsaturados), variáveis importantes para os aspectos organolépticos da carne (Santos, 2008).

Em média os animais desta raça são abatidos com pesos vivos entre 88 e 124 Kg. A espessura de toucinho na cernelha possui em média valores de 45 a 62 e no nível da última costela de 19 a 42 mm. Porcentagem média dos valores de carne, obtidos pela dissecação pelo método SEUROP de 46,1% a 51 e valores de 29 a 40 cm² para a característica área de lombo. Comparando estes valores com outras raças tradicionais, conclui-se que a raça de porcos Bísaro possui bom desenvolvimento muscular (Santos et al., 2019).

2.3 GORDURA INTRAMUSCULAR E SUA RELAÇÃO COM AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DA CARNE

A gordura intramuscular, também chamada de marmoreio tem especial influência nas características sensoriais da carne, como suculência, odor, maciez, sabor e palatabilidade. Está intimamente ligada a característica maciez, devido a menor tensão

entre as camadas do tecido conjuntivo, maior lubrificação das proteínas pelos lipídios, menor tensão entre as camadas do tecido conjuntivo e pela capacidade de gordura estimulando assim a salivação, resultando em uma maior percepção prolongada da suculência (Lawrie, 2005).

A aparência visual da gordura e sua quantidade, também refletem na hora da escolha dos consumidores. Porém estas análises subjetivas visuais, nos últimos anos estão sendo substituídas por avaliações com maior precisão e melhor estratificação dos tecidos (Ferguson, 2004).

Há diversas técnicas para a determinação de gordura intramuscular, as quais se citam: Análise química, ultrassonografia, impedância elétrica, tomografia computadorizada, ressonância magnética nuclear e imagem hiperespectral.

O termo “Marmoreio” refere-se à presença de estrias de tecido adiposo entre os feixes das fibras musculares no musculo esquelético (Harper et al., 2001). Há variações na deposição da gordura intramuscular entre músculos, por isso a avaliação é geralmente realizada no músculo LTL, devido aos adipócitos aparecerem mais precocemente do que nos demais (Cianzo et al., 1985).

A classificação de carcaça tem a definição de agrupar em categorias aquilo que possui características semelhantes (Felício, 1999). Estes podem ser divididos por peso dos animais, raça, categorias de sexo, por exemplo.

Já a tipificação é a “diferenciação das classes em tipos hierarquizados segundo critérios que incluem as categorias da classificação já mencionadas e outras como gordura de cobertura e conformação da carcaça”. Para fins de definir o valor de uma determinada carcaça, isto é, a sua aceitabilidade frente a uma série de exigências do mercado, a tipificação representa uma ferramenta bem mais apurada.

No que diz respeito à qualidade da carcaça, podemos distinguir duas características de maior importância: o rendimento e a qualidade da carne. O rendimento implica num retorno financeiro direto ao frigorífico, já que está diretamente relacionado com a quantidade de carne comercializável. A qualidade é um conceito algo mais complicado, porque inclui os fatores de interesse ao setor varejista (ex., supermercados, açougues), bem como para o consumidor. Entre os primeiros se

encontram a aparência, vida de prateleira, etc., enquanto que os segundos incluem também o sabor, a maciez, e a suculência da carne.

O rendimento de carne na carcaça depende do seu conteúdo de músculo estriado, e da sua relação com a ossatura e a gordura. De acordo com as curvas de crescimento alométrico, o esqueleto se desenvolve mais cedo, seguido pela musculatura, e finalmente o tecido adiposo. Desta maneira, a proporção de músculo na carcaça aumenta com o incremento de peso do animal durante o período antes do acúmulo rápido de gordura, para depois diminuir na fase de terminação. A forma destas curvas, e as proporções dos componentes da carcaça, variam de acordo com o genótipo, o sexo, o estado hormonal (isto é, o uso de implantes anabólicos), e a alimentação, com consequências para o rendimento de carne na carcaça (Lawrie, 1996).

A gordura intramuscular desenvolve-se juntamente com os outros depósitos de gordura, porém também depende do crescimento muscular (Hocquette et al., 2010). É um conteúdo de gordura que geralmente não é determinado na dissecação dos cortes da carcaça, pois para sua determinação necessita de análises químicas, sendo que quando é analisada visualmente a massa magra não é determinada corretamente (Eggert et al., 2007).

2.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARAMÊTROS DA CARCAÇA

Há diversos métodos para a classificação, tipificação e avaliação de carcaças de animais de produção. As técnicas mais antigas possuem menor precisão, porém exigem menor qualificação, como por exemplo, as avaliações de escore corporal e de peso vivo. Atualmente desenvolveram-se técnicas para que as avaliações fossem mais rápidas e aperfeiçoadas, desta forma criaram a análise de vídeo imagem, ultrassonografia, scanning eletromagnético e tomografia computadorizada, entre outras (Torres et al., 2018).

Em muitos lugares a classificação e tipificação das carcaças ainda é feita através da pontuação das características da carcaça, avaliadas visualmente (Osório et al., 2011). Entretanto, possuem pouca precisão para avaliar a composição corporal, tornando-se

uma forma subjetiva para os produtores, assim como para o mercado consumidor (Tarouco et al., 2005).

A ultrasonografia em tempo real pode ser usada para avaliações, podendo ser utilizada antes do animal ser abatido, auxiliando os produtores no agrupamento de animais homogêneos, desta forma selecionando os animais que possuam características desejadas para o mercado alvo. Quando são aplicadas por pessoal qualificado, os valores têm alta correlação com as medidas realizadas na carcaça (Torres et al., 2018).

A técnica de tomografia computadorizada começou a ser usada para estimar o crescimento do animal e sua composição (Standal, 1984). É considerada pouco invasiva, pois pode ser utilizada para avaliação dos componentes da carcaça de animais vivos e após o abate, as medidas obtidas são bastante precisas (Quirino et al., 2016). A análise se baseia no uso de raios-X de 360°, circundando o corpo do animal (Clelland et al., 2014). Estudos demonstram que esta técnica apresenta erro padrão menor quando comparada com a técnica de ultrassonografia (Sugisawa, 2002, Sugisawa & Soares, 2006).

Outra técnica existente é a de scanning eletromagnético, também chamada de TOBEC (Total Body Electrical Conductivity) é fundamentada na diferença de condutividade elétrica entre o tecido adiposo e o tecido muscular (Gupta et al., 2013).

Um método que também é utilizado é a análise de vídeo imagem, é capaz de analisar características quantitativas e qualitativas da carcaça (Craigie et al., 2012). Seu desempenho baseia-se na captura por câmera de vídeo e posteriormente gerando um mapa elétrico sendo, posteriormente, analisado por meio de software que faz a separação dos tecidos (Gupta et al., 2013).

A técnica de análise de imagem é um método preciso e relativamente rápido para determinar os componentes de carcaça. Em trabalho realizado por Wang et al., 2008 realizou trabalho utilizando esta técnica para determinar o peso de suínos através da imagem dos animais e mostrou valores semelhantes que apresentaram apenas 3% de erro em comparação ao método tradicional

Essas técnicas são métodos inovadores que garantem maior precisão na análise das características de composição tecidual de carcaças. Em geral cada uma possui a sua

particularidade e com isso, vantagens e algumas desvantagens. Por isso devem-se analisar as necessidades da indústria (Torres et al., 2018)

A avaliação do marmoreio da carne suína é mais trabalhosa em comparação com avaliações realizadas na carne bovina, por exemplo, devido ao contraste que há entre a gordura e a carne magra e também há grande variação na coloração dos ossos, o qual pode ser confundido com os índices de gordura (Sun, 2008).

2.5 ANÁLISE DISCRIMINANTE

2.5.1 ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR

A análise discriminante linear (LDA) é uma técnica estatística multivariada supervisionada, pois considera informação sobre a classe de cada amostra para se obter um modelo de classificação. O modelo de classificação obtido com um grupo de amostras de treino, sendo posteriormente testado na sua capacidade de previsão em um conjunto de dados que não foi usado para obter o modelo matemático. Na classificação supervisionada a resposta é a variável dependente.

A LDA permite obter funções que são combinações lineares das variáveis independentes que se caracterizam por permitirem a máxima separação entre os grupos estabelecidos.

A função discriminante linear pode ser definida como:

$$Y=W_1 *X_1+W_2*X_2+W_3*X_3+... +W_p*X_p$$

Onde os W_i correspondem aos pesos atribuídos a cada uma das variáveis independentes. Os pesos W_i são calculados para que as distribuições de probabilidade de Z tenham pouca superposição entre os dois grupos.

Quando a matriz dos dados não é suficiente grande para se usar um grupo de teste, usa-se a validação cruzada, que corresponde a uma validação interna. A validação cruzada avalia a capacidade de previsão de um modelo a partir da divisão do conjunto dos dados originais em subconjuntos, onde cada subconjunto vai ser usado como grupo de teste para a validação do modelo que vai ser obtido com os restantes subconjuntos;

este procedimento permite definir o melhor modelo de previsão, bem como, obter um valor médio da capacidade de previsão associado à matriz de dados usada. É utilizada quando a capacidade de recolher novos dados é limitada ou impraticável (Gondim, et al., 2011). Existem diferentes métodos de validação cruzada. A mais simples é chamada de *Leave-One-Out*, permite que uma única observação do conjunto de treino seja usada, ou seja, é classificada usando o modelo obtido com os restantes valores do grupo de treino. Este processo refere-se a todas as amostras que tenham sido classificadas pelo mesmo procedimento. Uma das vantagens desta metodologia é que os coeficientes de regressão terão menos tendência, devido ao modelo ser ajustado para todas as observações. Já a validação cruzada com *K-fold* possui relação entre um conjunto de validação e a abordagem *Leave-One-Out* da validação cruzada. Esta abordagem envolve dividir aleatoriamente as observações no conjunto de dados em k subgrupos de tamanho aproximadamente igual. O primeiro subgrupo é tratado como um conjunto de validação e o modelo são obtidos usando os restantes. O processo sugere-se de forma que a cada subgrupo seja usado na validação. Esta última metodologia é preferível porque a validação é realizada num subconjunto de amostras que engloba todos os grupos que estão envolvidos na LDA (Kuhn et al., 2013)

2.5.2 ANÁLISE DISCRIMINANTE QUADRÁTICA

A análise discriminante quadrática (QDA) é uma técnica multivariada supervisionada não simétrica e não linear, ou seja, não há pressuposição de que os grupos a serem analisados possuem matrizes de covariâncias iguais. Assim tal como na LDA a observação é classificada no grupo com a menor distância quadrada, porém esta não é simplificada para uma função linear.

A função que representa a QDA, considerando apenas duas variáveis independentes, é:

$$Y = k + l_1x_1 + l_2x_2 + q_1x_1^2 + (q_1 + q_2)x_1x_2 + q_2x_2^2$$

Também, QDA assume que as variáveis independentes são obtidas de uma distribuição multivariada Gaussiana (também conhecida como normal). Enquanto que na LDA se assume a igualdade de covariâncias entre as variáveis independentes em

todos os níveis de Y, esta suposição é relaxada com o modelo QDA. Esta técnica é mais flexível por permitir explicar variação nas covariâncias, permitindo fronteiras de decisão não lineares mais exatas de classificação.

Tal como para a técnica LDA, a avaliação da capacidade de previsão de um modelo QDA deve ser usando a validação cruzada, como a validação cruzada *K-fold*, quando o número de resultados na matriz de dados não é elevado (Wang et al., 2008)

2.5.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE DE MISTURA

A análise discriminante de mistura (MDA) é um método que foi apresentado por Hastie et al., 1996, considera que cada classe é analisada como uma mistura Gaussiana de subclasses, onde cada ponto de dados tem uma probabilidade de pertencer a cada classe. Esta técnica assume a igualdade de matriz de covariância entre classes. Geralmente usa-se MDA quando há classes variáveis e quando há mais de duas classes com respostas que não segue um padrão. Também se usa a validação cruzada, como a validação cruzada *K-fold*, para a avaliação da capacidade de previsão de um modelo MDA, quando o número de resultados na matriz de dados não é elevado.

Globalmente, na análise estatística multivariada de classificação, os modelos de previsão são avaliados na sua capacidade de efetuar classificações corretas, exatidão, sensibilidade e seletividade. As taxas de sensibilidade e seletividade são parâmetros de desempenho de métodos qualitativos e possuem relação com as taxas de falsos resultados (Hastie et al., 2001)

O termo sensibilidade, também conhecido como poder de teste, refere-se à proporção do modelo matemático classificar as amostras em estudo. Ou seja, é a capacidade do classificador de identificar os eventos positivos entre os verdadeiramente positivos e quanto menor for o número de falsos negativos maior será a sensibilidade.

A seletividade, comumente conhecida como especificidade, é outra avaliação de previsão do modelo matemático. Identifica os negativos entre os verdadeiramente negativos, sendo que quanto menor o número de falsos positivos maior será a seletividade.

Para determinar as taxas de sensibilidade e seletividade utilizam-se as tabelas de contingência, as quais tratam as análises qualitativas como a classificação de um problema. Comumente utilizada para a avaliação da confiabilidade de testes de triagem e na comparação entre diferentes ensaios aplicados para as mesmas amostras. Na Tabela 2, encontra-se um exemplo de tabela de contingência. Nesta, mostram-se os dados associados a um estudo com dois grupos (duas classes), porém é necessário estudos das amostras em vários níveis de concentração (Gondim, et al., 2011).

De acordo com o objetivo de cada estudo é preferível que o método seja mais sensível que seletivo. Quando há aumento na sensibilidade, ocorre um decréscimo na seletividade. Devido a isto, quanto maior o número de amostras, maior será a confiança dos parâmetros.

Tabela 2- Exemplo de Tabela de Contingência para análise com dois grupos.

RESULTADO DO TESTE	ANALITO PRESENTE	ANALITO AUSENTE	TOTAL
POSITIVO	TP	FP	TP+FP
NEGATIVO	FN	TN	FN+TN
TOTAL	FN+TP	FP+TN	N

FN= quantidade de resultados falso-negativos FP= quantidade de resultados falso-positivos; TN= quantidade de resultados negativos corretos; TP= quantidade de resultados positivos corretos; N= TP+FP+FN+TN

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AMOSTRAGEM

Os vinte e um animais da raça suína Bísara que fizeram parte do projeto BISIPORC, foram financiados no âmbito do programa PRODER, medida 4.1 Cooperação para a Inovação (Teixeira, 2015). Os animais foram produzidos na Quinta do Bísaro, uma empresa familiar associada à Bísaro-Salsicharia Tradicional, que participou no referido projeto em parceria com o Laboratório de Qualidade da Carne e da Carcaça da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

O projeto implicava o acompanhamento da produção dos animais desde o seu crescimento até ao abate. Os porcos da raça Bísara eram criados em regime extensivo e a sua alimentação foi dividida em dois grupos: no primeiro grupo os animais foram alimentados com pasto e concentrado específico de engorda; no segundo grupo, os animais foram alimentados com pasto, concentrado específico de engorda e castanha *ad libitum*, desde o nascimento até o seu abate.

Deste projeto obtiveram-se os dados de composição corporal (osso, músculo e gordura) de cada animal, bem como, fotografias do músculo LTL.

3.2 MEDIÇÕES FÍSICAS NO ANIMAL

Após o abate registraram-se os dados do sexo do animal, peso vivo (PV), peso da carcaça fria (PCF).

Posteriormente, os animais foram dissecados para se obterem os valores do peso da carcaça na desmancha (PCD), meia carcaça esquerda dissecada (PMCED), músculo (MUSC), gordura subcutânea (GSub) e gordura intermuscular (GInter). Cada tecido pertencente aos cortes foi pesado e sua proporção calculada de acordo com os valores do peso corrigido (soma dos pesos de cada componente do tecido), sendo que este processo ocorreu no Laboratório de Tecnologia e Qualidade da Carne.

A dissecação com bisturi, seguindo o método proposto por Fisher et. al., 1994 com adaptações sugeridas por Rodriguez et al., 2018; eram realizadas sob condições (temperatura, umidade e ventilação) de ambiente controlado.

Realizou-se a extração de gordura pelo método químico, segundo a metodologia descrita por Folch et al., 1957. Pesou-se 1,5 à 2 gramas de amostra da carne do músculo, adicionou-se clorofórmio, metanol e água destilada para homogeneizar a amostra em equipamento IKA ULTRA TURRAX T25 digital, o conteúdo foi separado em três tubos para introdução na centrífuga Hettich Zentrifugen Universal 32R. Em seguida realizou-se a separação das fases resultantes (fase aquosa, sólida e gordura) da centrifugação. Logo após iniciou-se a evaporação em roto-evaporador BUCHI

Rotavapor R-3 por meio de banho-maria a temperatura de 55°C, resultando em um extrato composto apenas de gordura. Estes foram pesados e seus valores anotados na ficha pertencente a cada animal.

Os parâmetros associados aos pesos do animal e carcaça acima referidos foram usados neste trabalho para a caracterização dos animais amostrados e considerados como variáveis independentes. Já a variável Gordura intramuscular (G_{Intra}) é a variável dependente pois, pretende-se verificar se é possível obter um modelo de previsão deste parâmetro usando as variáveis dependentes acima referidas e os parâmetros obtidos do tratamento de imagem obtidos das fotografias do músculo LTL.

3.3 MEDIÇÕES NA IMAGEM DO MÚSCULO

Foram analisadas quarenta fotografias do músculo LTL de vinte e um animais da raça suína Bísara, sendo analisado frente e verso do músculo (duas das amostras foi fotografada só de um lado), através do software ImageJ® (*software* analisador e processador de domínio público de imagem baseado em Java). Para aquisição da imagem, o músculo foi disposto em uma superfície plana com fundo preto opaco. Para captura das imagens utilizou-se câmera digital modelo Nikon D3100, com sensor de oito megapixels. Em todas as peças foram colocadas à identificação e escala. A câmera foi ajustada da seguinte maneira: Modo de operação manual, velocidade do obturador 1/60s, F/4.5, velocidade ISO 400, flash desligado, distância focal a 26 mm. As imagens capturadas foram salvas como formato JPEG. Todo o processo foi desenvolvido em uma luz artificial padrão constante e posição da câmera.

Para as análises no programa ImageJ®, primeiramente a imagem a ser analisada foi selecionada, posteriormente ajustou-se a escala para cada imagem, a qual é determinada através do auxílio da régua disposta ao lado da imagem do músculo. Cada imagem possuía sua distância em pixels, a qual corresponde a um centímetro. Nesta fase fazem-se as seguintes medidas: Altura, largura e altura da gordura subcutânea (G_{sub})

Na Figura 3 mostra-se um exemplo de fotografia obtida de uma das amostras, bem como, os resultados da análise da imagem sem qualquer tratamento: G_{Sub}, W_m e H_m.

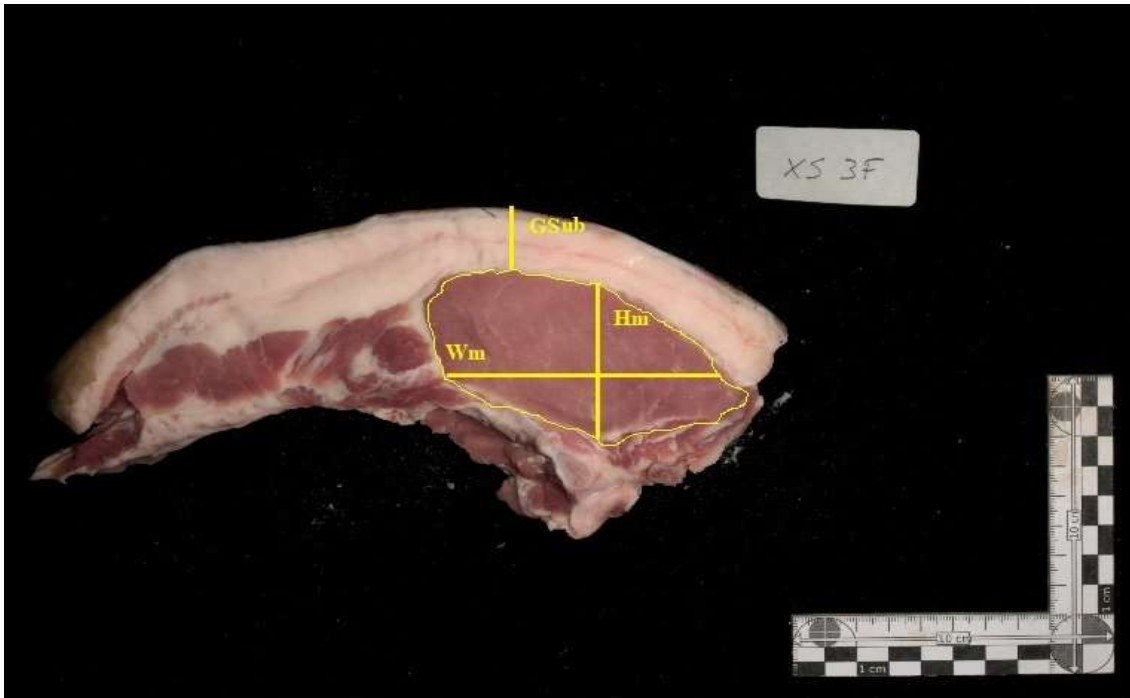


Figura 3- Medidas realizadas no músculo LTL.

GSub: Gordura subcutânea; Wm: Widht (largura) do músculo LTL; Hm: Height (altura) do músculo LTL.

Para a análise das partículas de gordura intramuscular, a imagem fotográfica sofreu um tratamento com ajuste da cor para oito bits. No software seleciona-se uma pequena partícula da gordura entremeada no músculo, permitindo obter o histograma de cor com o valor de mínimo e máximo (repetido em cada imagem analisada); anotam-se os valores mínimo e máximo de cada imagem para fazer o ajuste nos valores de *threshold*; faz-se a delimitação do músculo; com a opção *Analyze particles*, seleciona-se a opção *Show-Count masks* para a contagem das partículas com a cor desejada. Finalmente, a opção *summary* permite obter a informação sobre a quantidade de partículas de gordura intramuscular no músculo, área total e percentagem da área no músculo.

Repete-se esta análise da imagem, de forma a obter-se três resultados concordantes (desvio padrão percentual menor que 5%).

Na Figura 4 mostra-se a imagem obtida após o tratamento da fotografia do músculo, exemplificado na Figura 3, verificando-se zonas acinzentadas que correspondem às partículas de gordura intramuscular.



Figura 4 - Partículas de gordura intramuscular no músculo LTL.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foram realizadas três diferentes análises para a análise e determinação do modelo: Análise discriminante linear, Análise discriminante quadrática e a Análise de misturas, de forma a ver qual prevê um modelo mais adequado para a determinação da quantidade de gordura intramuscular. O programa estatístico aos quais os dados foram analisados foi o R (versão 3.5.0).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir apresentados resultaram de 21 suínos da raça Bísaro abatidos no matadouro de Bragança. Na globalidade os pesos dos animais variaram entre 22 e 111 quilogramas (Kg). Nos cinco animais machos, o peso variou entre 75 e 107 Kg, correspondendo ao valor médio de 88,3 Kg. Os restantes animais (fêmeas) tinham os valores de peso a variar entre 22 e 111 Kg, implicando um valor médio de 30 Kg.

Na tabela 3 apresentam-se os valores mínimos, máximos e a mediana dos dados de composição corporal (osso, músculo e gordura) de cada animal.

Tabela 3- Resultados globais dos dados da composição corporal dos 21 suínos.

Parâmetros	n	Mínimo	Máximo	Mediana
Gordura Subcutânea	38	0,459	13,1	14,3
% Gordura subcutânea	38	6,31%	30,35%	10,90%
Gordura intermuscular	38	0,254	2,98	0,665
% Gordura intermuscular	38	3,11%	11,10%	4,88%
% Gordura intramuscular	38	0,62%	2,08%	1,33%
Peso Vivo	40	22	111	35,05
Peso da Carcaça Fria	40	14,9	89,3	25,5
Peso da Carcaça Desmanchada	38	14,6	89,3	20,97
Peso da Meia Carcaça Dissecada	38	7,3	43,2	12,2
Músculo (kg)	38	3,45	17,6	6,1
% Músculo	38	39,77%	58,60%	52,56%

No parâmetro músculo os resultados variaram entre 3,45 e 17,6 Kg, para gordura subcutânea entre 0,459 e 13,1 Kg, na variável gordura intermuscular os valores ficaram de 0,254 a 2,98 Kg e para gordura intramuscular oscilaram de 0,62% a 2,08%. Os valores para peso vivo (PV) ficaram entre 22 e 111 Kg, peso da carcaça fria de 14,9 a 89,3, para peso da carcaça desmanchada entre 7,27 e 43,16 gramas. O Widht do músculo *Longissimus dorsi* foi de 5,034 a 11,952 cm, a Height compreendeu os valores de 2,783 e 8,75 cm, para o parâmetro área total do músculo variou entre 12,057 e 54,951 e a Height da gordura subcutânea ficou entre 0,5 e 5,684 cm. Globalmente, os resultados mostram que os animais usados neste estudo mostram uma variabilidade razoável que, à partida, viabiliza o trabalho de modelação de dados a seguir apresentado.

Numa primeira análise exploratória destes parâmetros descritivos referentes aos animais amostrados, apresentam-se nas Figuras 5 a 9, as relações mais significativas obtidas entre os valores das gorduras subcutânea, intermuscular e intramuscular.

Na Figura 5 mostra-se a relação entre gordura intermuscular e gordura intramuscular, verificando-se uma tendência quase linear. O coeficiente de determinação (R^2) é igual a 0,67 para o modelo polinomial do 2º grau, indicando que o modelo permite explicar apenas 67% da variabilidade entre essas duas variáveis.

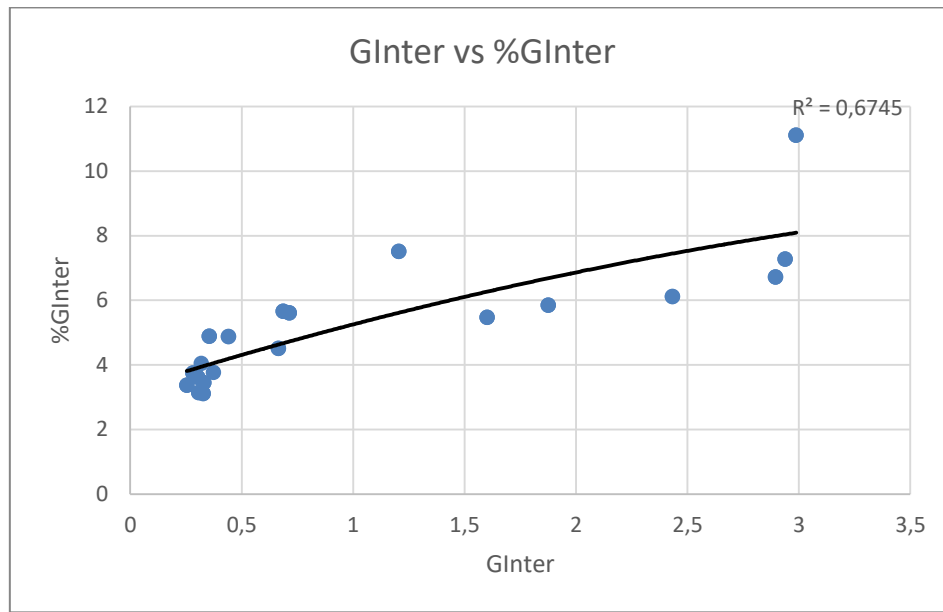


Figura 5- Relação polinomial de 2º grau entre gordura intermuscular e a % gordura intermuscular

A Figura 6 mostra a relação entre a gordura intermuscular e a percentagem de gordura intramuscular. A figura mostrou que os resultados estão dispersos e que o modelo polinomial do 2º grau só permite explicar 58% da variabilidade destes dados.

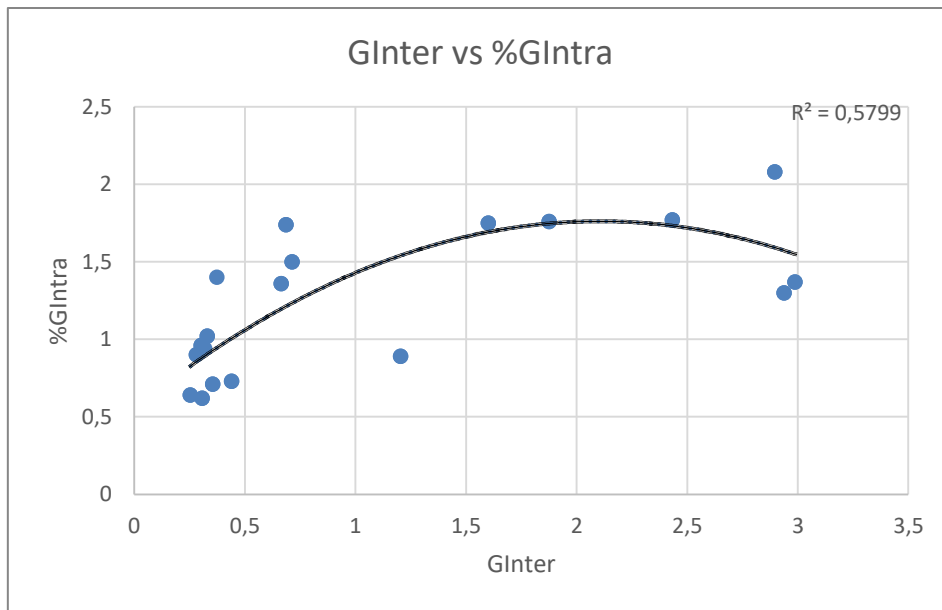


Figura 6- Relação polinomial de 2º grau entre gordura intermuscular e a % gordura intramuscular

Situação similar foi encontrada na relação entre a gordura subcutânea e a variável percentagem de gordura subcutânea (Figura 3), gordura intermuscular (Figura 4) e percentagem de gordura intramuscular (Figura 5) tendo-se obtido coeficientes de determinação da relação polinomial do 2º grau de 0,90, 0,84 e 0,62, respetivamente. As duas primeiras relações apresentam correlação, ao contrário da relação gordura subcutânea vs. percentagem de gordura intramuscular que apresenta uma elevada dispersão no ajuste.

No gráfico que demonstra os valores em quilos e em percentagem da Gordura Subcutânea (Figura 7), apresentam uma correlação alta.

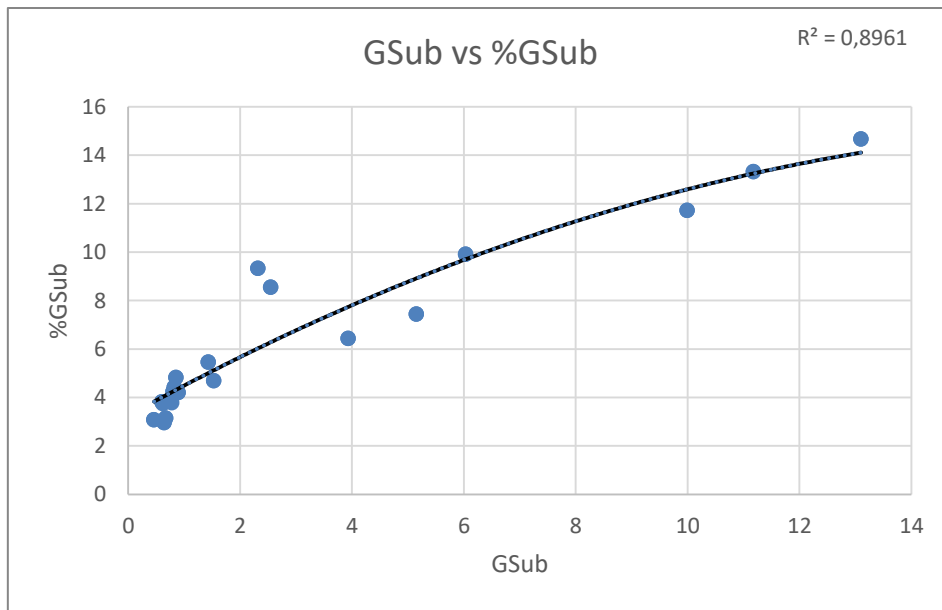


Figura 7- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a % Gordura Subcutânea

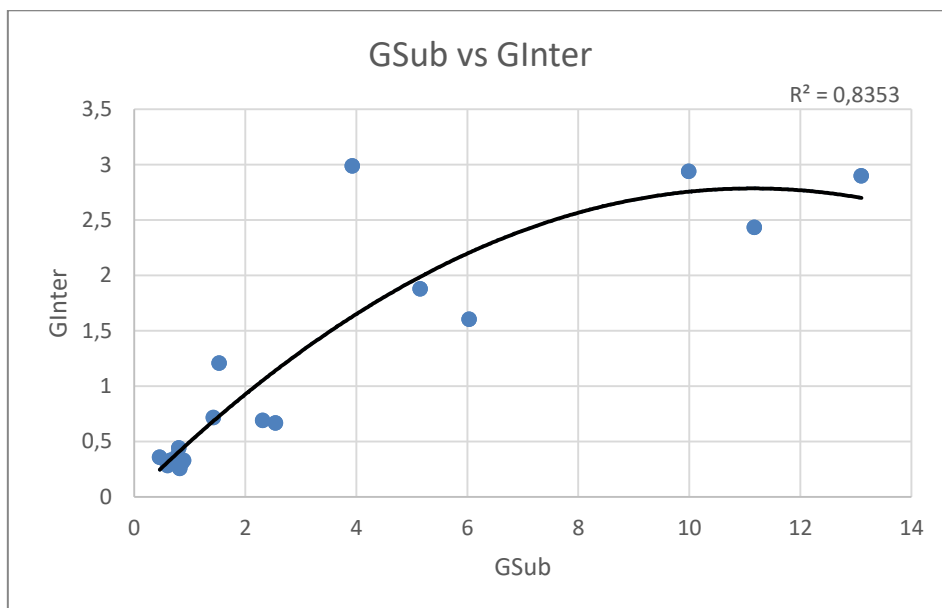


Figura 8- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a Gordura Intermuscular

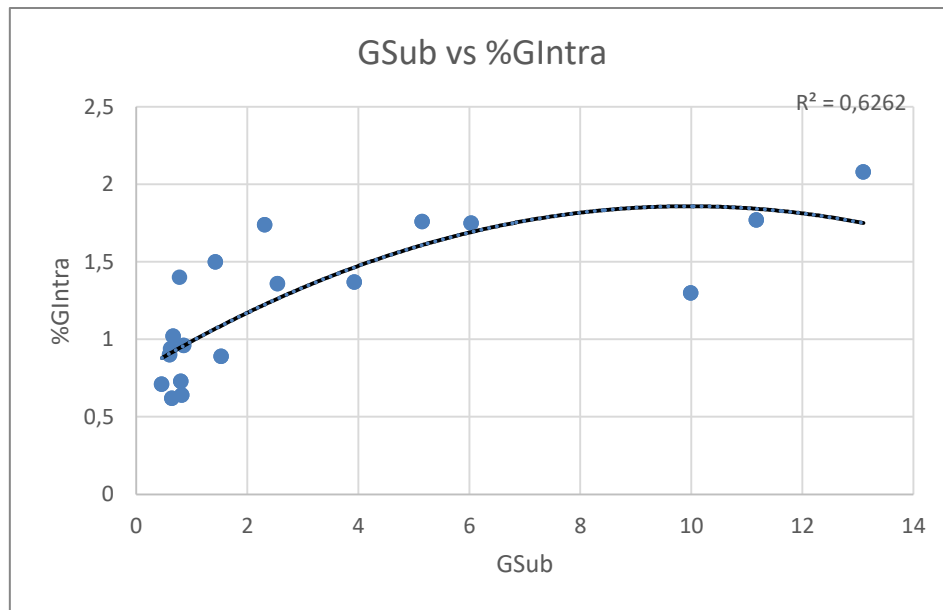


Figura 9- Variável Gordura Subcutânea e a relação com a % Gordura Intramuscular

Em geral, os gráficos mostram uma relação razoável polinomial do 2º grau entre as variáveis apresentadas. Estes resultados evidenciam a variabilidade encontrada nos animais amostrados, considerando-se que o fator mais relevante deve-se às diferenças nas idades de deposição das gorduras como, por exemplo, a gordura intramuscular, que pode ser depositada desde muito cedo. A gordura é depositada na forma de gordura abdominal, pélvica ou renal-iguinal (conhecida também com gordura interna), subcutânea, intermuscular e intramuscular. Segundo Johnson et al.,1972 citado por Pethick, et al.,2002, a distribuição da gordura nos diferentes locais ocorre durante a vida do animal. Isto também se aplica na gordura intramuscular, embora a sua expressão nos músculos seja tardia. Geralmente, a taxa de desenvolvimento do tecido adiposo aumenta quando os animais de produção aproximam-se do seu peso adulto, em contrapartida o tecido muscular diminui. Quando atinge a maturidade o desenvolvimento muscular é pequeno (Cianzio et al., 1982).

A figura 10 apresenta a relação entre o PV dos animais e as demais variáveis (PV, Musc, GInter e GSub), as quais possuem uma correlação linear.

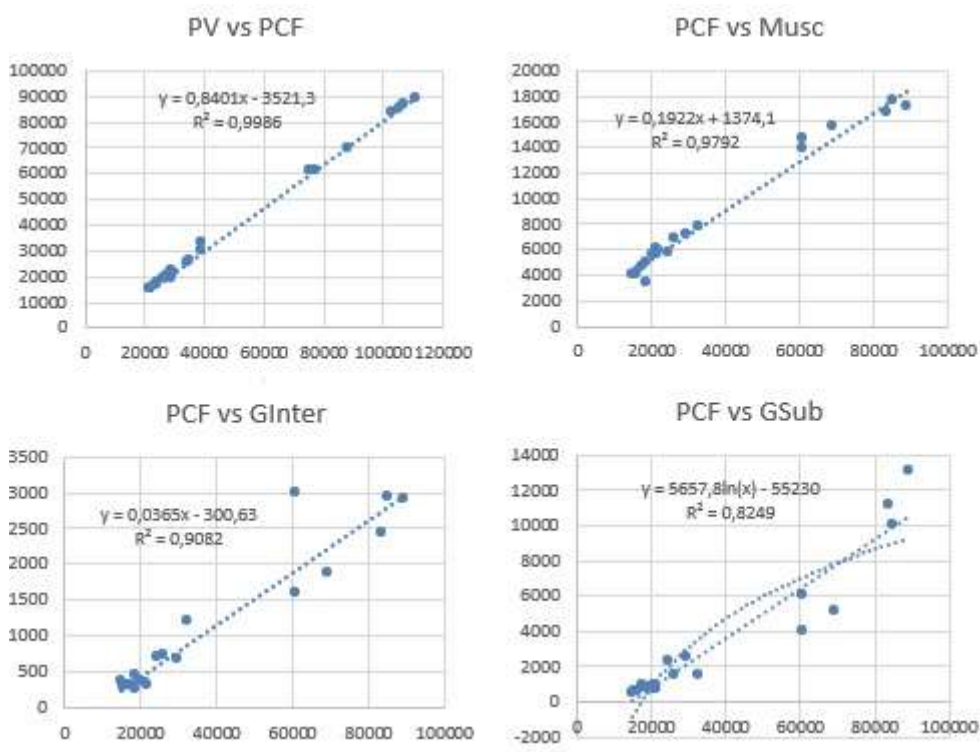


Figura 10- Relação da variável PCF com: PV, Musc, GInter e GSub

Na tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos do tratamento da imagem: Largura (Wm), altura (Hm), espessura da gordura subcutânea (Hgs), percentagem da área da GIntra, número de partículas e área da GIntra (cm). Os dados apresentados resultaram do tratamento de imagem e são valores médios de três repetições concordantes considerando o critério de concordância de desvio padrão relativo percentual (coeficiente de variação) inferior ou igual a 5%. Verificou-se que a variabilidade na determinação dos parâmetros obtidos a partir do tratamento de imagem à fotografia do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi inferior a 4,1% (desvio padrão relativo percentual).

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que as amostras analisadas mostram variabilidade aceitável para verificar o objetivo deste trabalho, que é a possibilidade de obter um modelo estatístico que relacione a percentagem de gordura intramuscular com os parâmetros obtidos do tratamento de imagem à fotografia do músculo LTL junto com o PV do animal.

Tabela 4- Resultados globais das medidas a partir do tratamento de imagem à fotografia do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (cm)

Parâmetros	N	Mínimo	Máximo	Mediana
Wm	40	5,35	11,79	8,17
Hm	40	2,78	8,72	4,57
Atm	40	12,2	54,36	23,89
Hgs	40	0,391	5,91	1,30
% área Gintra	40	1,156	3,53	1,81
Nº de patículas	40	16	58,67	26,8
Área Gintra	40	0,15	1,92	0,38

Wm: Widht (largura), Hm: Height (altura), Atm: Área total do músculo, Hgs: Altura do músculo.

Considerando a variabilidade encontrada nas medições de imagem, bem como, na idade do animal e peso do animal, os resultados preliminares mostraram que um modelo quantitativo simples para atingir o objetivo pretendido neste trabalho não era possível. Por isso, selecionou-se a análise semi-quantitativa, que consiste em estabelecer grupos de intervalos de gordura intramuscular que estão associados a níveis de qualidade da carne, podendo fornecer ao consumidor informação sobre suculência da carne. Neste trabalho estabeleceram-se três grupos semi-quantitativos para a percentagem de gordura intramuscular (%GIntra): grupo 1, 0,6 a 1,1 de % GIntra (valor central, 0,85 %); grupo 2, 1,25 a 1,5 de % GIntra (valor central, 1,38 %); e, grupo 3, englobando valores superiores a 1,5 de % GIntra (valor central, 1,79 %). Sendo o grupo 1 é composto por animais com PCF entre 10 à 22 kg, grupo 2 de 24,7 à 33 Kg e o grupo 3 com pesos variando de 60,9 até 89,3 Kg.

Na Figura 11 comparam-se as distribuições de valores de percentagem de gordura intramuscular para os três grupos definidos. Esta figura permite verificar que o grupo 1 mostra uma separação natural entre os valores de percentagem de gordura intramuscular em relação aos grupos 2 e 3, que se sobrepõe entre si. Foi devido a esta sobreposição, que o estudo a seguir apresentado consiste na classificação de amostras em três grupos semi-quantitativos, comparando-se 3 métodos discriminantes com vista a estabelecer o melhor modelo para previsão da percentagem de gordura intramuscular do

músculo *Longissimus thoracis et lumborum* usando parâmetros obtidos por tratamento da sua imagem.

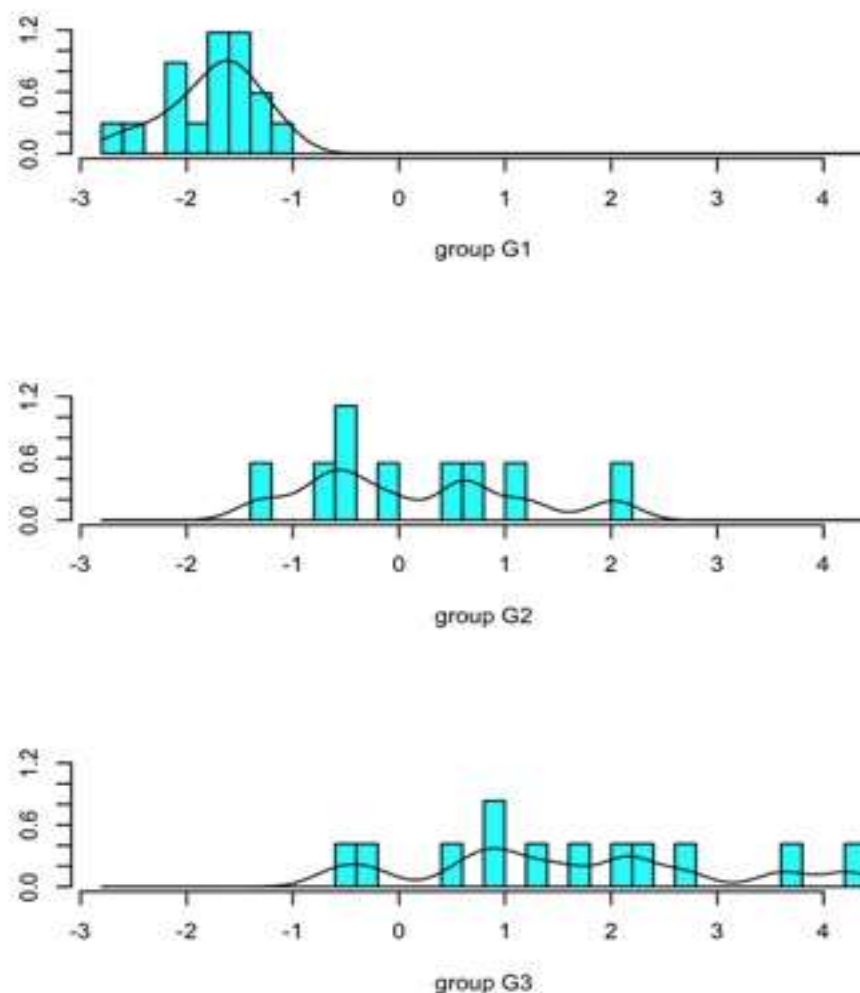


Figura 11- Distribuição de valores de percentagem de gordura intramuscular para os 3 grupos definidos

Nesta secção estudou-se três modelos de classificação com o objetivo de verificar qual a metodologia multivariada mais adequada para prever semi-quantitativamente a percentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* usando parâmetros corporais do animal obtidos no matadouro e após a dissecação dos animais e de imagem do músculo, provenientes do tratamento de fotografia realizado. Os modelos foram: análise discriminante linear (LDA), análise discriminante quadrática (QDA) e Análise Discriminante de Mistura (MDA). Estes três modelos distinguem-se pela ordem crescente de complexidade.

A LDA foi aplicada com validação cruzada K-folds (13 subconjuntos dos dados das amostras com 4 repetições; avaliação de 52 modelos LDA) para avaliar a capacidade de previsão inerente às variáveis independentes usadas (corporais do animal e imagem do músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) de cada para classificar semi-quantitativamente a percentagem de gordura intramuscular do músculo. Os resultados da LDA mostraram que na validação cruzada foi possível obter o valor médio de 57,7% de classificações corretas (exatidão) referentes aos 40 modelos testados. Globalmente, este resultado é indicativo que se obtiveram modelos com fraco desempenho na previsão, demonstrando que existem dados que são importantes para o modelo de previsão. Estes resultados são também justificados considerando que a matriz de dados deste estudo não tem a dimensão desejada (n=40) O melhor modelo de LDA obtido tinha 2 funções discriminantes, com a primeira a justificar 89,5% da variabilidade dos dados e a segunda, 11,5% (Figura 12). Neste modelo, as 5 variáveis mais importantes, por ordem decrescente, foram: Hm, Atm, Hgs, PCF e área de gordura intramuscular. O melhor modelo permitiu 89,5% de classificações corretas, com sensibilidade de classificação de 100% para os dados do grupo 1, 83,3% e 77,8% para os grupos 3 e 2 respectivamente. As classificações incorretas ocorreram nos grupos 2 e 3, por várias amostras terem sido classificadas como sendo do grupo 1.

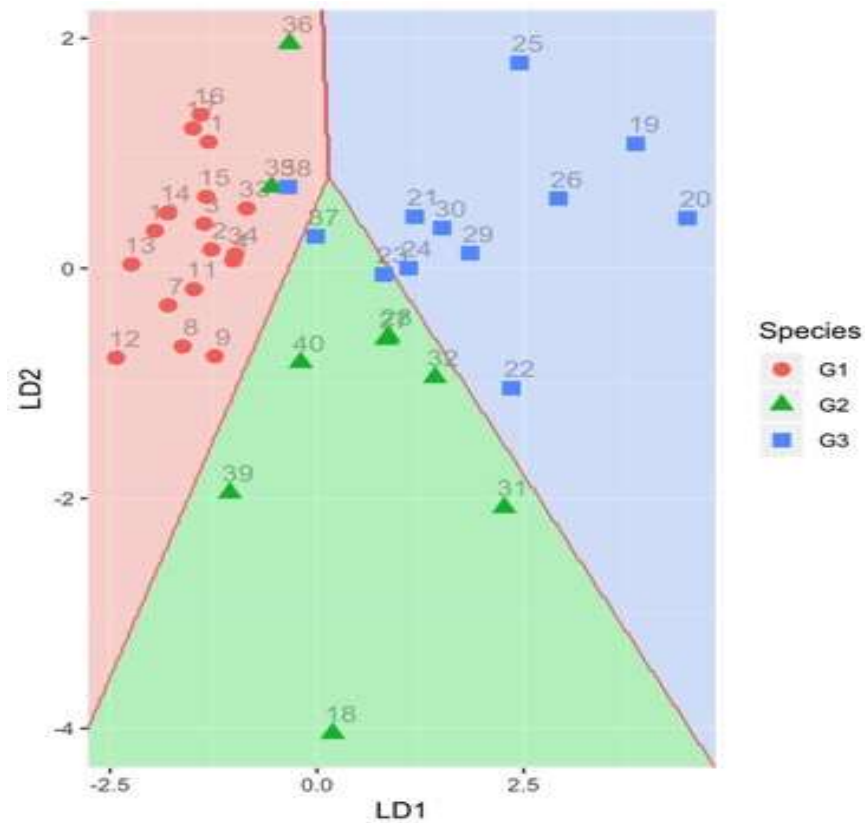


Figura 12– Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA obtido. G1: 0,6- 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

O segundo modelo discriminante utilizado neste trabalho foi o de QDA por se considerar que as variáveis independentes e dependentes poderem ter um comportamento não linear.

Da aplicação da QDA com validação cruzada K-folds (13 subconjuntos dos dados das amostras com 4 repetições; avaliação de 52 modelos QDA resultou um valor médio de exatidão (classificações corretas) de 89,5%, que é um resultado aceitável e comparativamente melhor ao obtido com LDA. O melhor modelo QDA apresentou um valor global de classificações corretas de 97,4%, traduzido por uma sensibilidade de 100% para os grupos 1 e 3 e uma sensibilidade de classificações corretas de 88,9% para o grupo 2. Na Figura 13 mostram-se as linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular definidas pelo modelo QDA obtido, no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do

modelo LDA. Estes resultados mostraram que o modelo QDA permitiu a previsão da percentagem de gordura intramuscular de forma aceitável, com exceção de uma amostra do grupo 2 que foi mal classificada como sendo do grupo 3. Estes resultados mostram que o modelo de classificação considerando que influência das variáveis independentes não é linear, permitiu resultados superiores aos obtidos com a técnica LDA. No melhor modelo QDA, as variáveis de maior importância (por ordem decrescente) foram: *Atm*, área de gordura intramuscular, *PCF*, *Hm* e percentagem de área de gordura intramuscular.

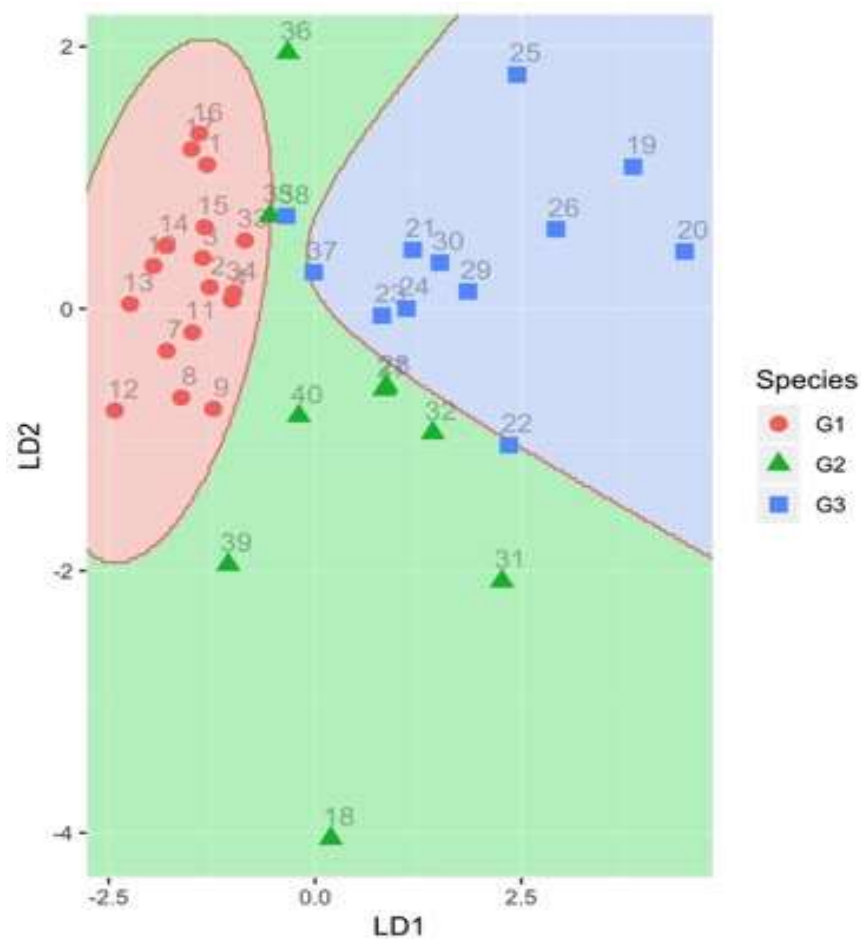


Figura 13 – Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular definidas pelo modelo QDA obtido, no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA. G1: 0,6- 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

O terceiro e último método discriminante aplicado foi a MDA. Embora os resultados gerais da validação cruzada K-folds (valor médio de 80,9% de classificações corretas nos 52 modelos testados) não tenham sido melhores que os obtidos por QDA, verificou-se que o melhor modelo obtido permitia 100% de classificações corretas (sensibilidade e seletividade).

As 5 variáveis com maior contribuição no melhor modelo MDA foram, por ordem decrescente de importância: área gordura intramuscular, Hm, PCF, Atm e número de partículas.

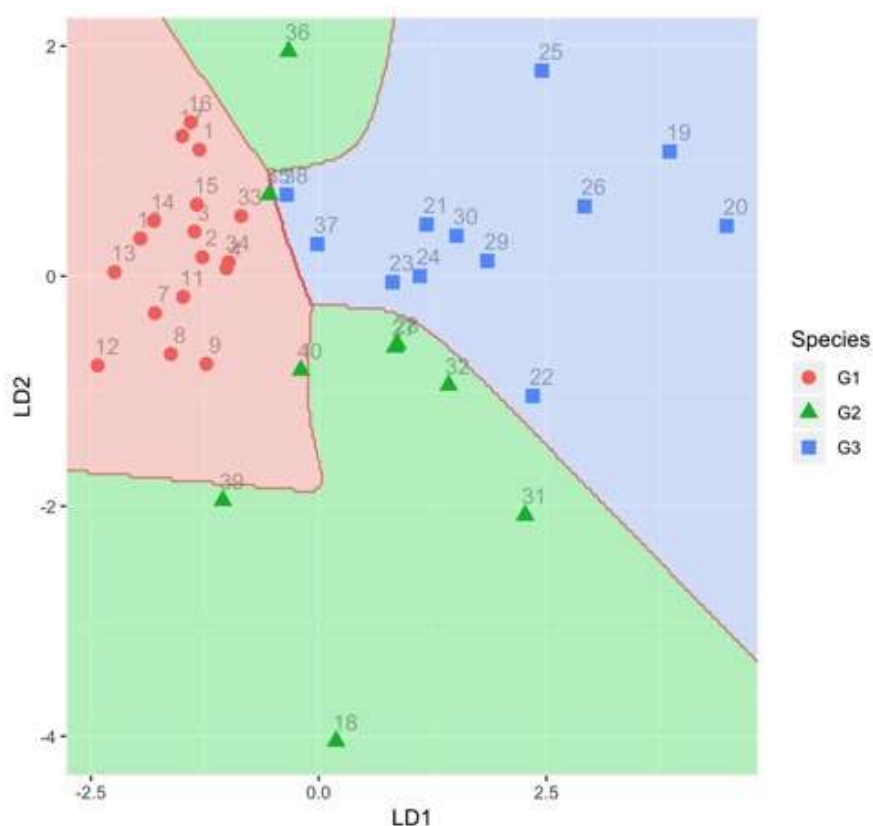


Figura 14 – Representação das linhas de separação dos 3 grupos semi-quantitativos de percentagem de gordura intramuscular definidas pelo modelo MDA obtido, no espaço bidimensional estabelecido pelas duas funções discriminantes do modelo LDA. G1: 0,6- 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

Na Tabela 5 estão reunidos os valores obtidos dos 3 métodos discriminantes da validação cruzada K-folds, bem como, da sensibilidade, especificidade e a média destas associadas às classificações de cada grupo semi-quantitativo estabelecido. A informação

apresentada permite resumir algumas das conclusões já referidas; os resultados médios de exatidão apresentados na tabela mostram que a previsão do grupo 1 foi mais fácil com os modelos QDA e MDA, pois com LDA a especificidade para este grupo foi de 81%. A previsão do grupo 3 foi sempre mais correta do que a do grupo 2, embora a especificidade do grupo 3 no modelo QDA tenha sido de 96%. Dos 3 modelos discriminantes, o modelo MDA permitiu ter 100% de sensibilidade e especificidade, mas na validação cruzada o valor médio de classificações corretas relativos aos 52 modelos testados foi inferior ao de QDA. Globalmente, os dados permitem verificar que o modelo não linear é o mais adequado para classificar semi-quantitativamente a percentagem de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* usando medidas de peso obtidas num matadouro e tratamento de imagem deste músculo.

Tabela 5 – Resultados globais dos 3 modelos de classificação dos grupos semi-quantitativos da percentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus thoracis et lumborum*

Modelo	Exatidão (%) VC K-folds	Sensibilidade (%)			Especificidade (%)			Exatidão média (%)		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
LDA	57,7	100	77,8	83,3	81,0	100	100	90,5	88,9	91,7
QDA	89,6	100	88,9	100	100	100	96,2	100	94,4	98,1
MDA	80,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100

LDA – análise discriminante linear; QDA – análise discriminante quadrática; MDA – análise discriminante de mistura; VC – validação cruzada; G1: 0,6 - 1,1 % de gordura intramuscular; G2: 1,25-1,5 % de gordura intramuscular; G3 >1,5 % de gordura intramuscular.

Existem alguns trabalhos que mostram a aplicabilidade de técnicas para a previsão da composição corporal dos animais com base na avaliação das carcaças ou dos animais *in vivo*, possibilitando determinar o grau de maturação e de desenvolvimento muscular dos animais, como a utilização da ultrassonografia em tempo real e técnicas óticas (Irgang et al., 1998). Esta técnica permite uma avaliação rápida, não invasiva ou destrutiva e com boa precisão da composição corporal. As técnicas de

coleta e processamento das imagens vêm sendo estudadas em grande escala para se obter uma boa exatidão das medidas realizadas.

No trabalho realizado por Schinckel et al., 1994, as medições pela técnica de ultrassonografia apresentaram alta correlação com os valores medidos diretamente na carcaça, com valores de 85 a 97%. O estudo de Wilson (1992), realizado em suínos mostrou que a utilização da ultrassonografia para estimar a proporção de músculo e a quantidade de gordura é mais exata do que o peso vivo e outras características facilmente medidas, com boas correlações entre as medidas realizadas por ultrassom pré-abate e as respectivas medidas na carcaça para área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea.

Em trabalho realizado por Jia, Schinckel et al., 2010 associou as medições realizadas no presunto através da análise de vídeo imagem e a profundidade da gordura na décima costela, os quais representaram 91 e 90%, respectivamente da variação do peso total da carcaça, constatou desta forma que a análise de vídeo imagem para cortes em peças de presunto, aliados com a profundidade de gordura na 10ª costela, podem ser utilizados para a predição da composição total de gordura e de carne magra.

Em geral estes trabalhos mostram que o uso de ultrassonografia e análise de vídeo imagem apresentam bons resultados para prever os componentes de carcaça, trazendo benefícios de otimização do processo.

A gordura intramuscular desenvolve-se juntamente com os outros depósitos de gordura, porém também depende do crescimento muscular (Hocquette et al., 2010). É um conteúdo de gordura que geralmente não é determinado na dissecação dos cortes da carcaça, pois para sua determinação necessita de análises químicas, sendo que quando é analisada visualmente a massa magra isenta de gordura não é determinada corretamente (Eggert et al., 2007).

A composição dos tecidos da carcaça de porcos da raça bísara não é descrito detalhadamente em trabalhos, entretanto há um grande interesse nos animais desta raça devido a produzirem carne de alta qualidade (Rodriguez et al., 2019)

Em trabalho realizado por Rodriguez & Teixeira, 2019 utilizaram-se 33 machos e 31 fêmeas da raça bísara, divididos em três grupos de peso, os quais consistiam em: 17 Kg, 32 Kg e 79 Kg. Em conclusão o peso de abate aumentou a gordura subcutânea

em relação ao tecido adiposo total no lombo, ao contrário da gordura intramuscular e do tecido adiposo intermuscular. O peso afetou a maioria das características de carcaça ($P>0,05$), exceto no teor da gordura intramuscular do lombo, neste trabalho o sexo dos animais não afetou os parâmetros da carcaça (espessura de gordura no glúteo médio do músculo (mm) e o conteúdo de gordura intramuscular). Concluíram que o aumento de peso corporal não aumenta o teor de gordura nos músculos durante as fases de desenvolvimento dos porcos da raça bísara.

Observou-se que os porcos geneticamente mais magros produzem uma maior proporção de tecido adiposo. Também concluíram que o desenvolvimento da gordura intramuscular em suínos pode ser determinado na sua fase inicial (antes dos animais atingirem 20 Kg de seu peso corporal (Kouba et al., 1999).

O aumento da quantidade de gordura intramuscular por aumento do seu peso, não é apresentado em todas as raças de suínos. Alguns estudos sugerem que o aumento do peso de abate até 79 Kg não leva ao aumento da gordura intramuscular, só possui aumento na gordura intermuscular e subcutânea. Desta forma, o amadurecimento dos porcos bísaros não aumenta a deposição de gordura intramuscular, sendo que o marmoreio destes porcos não está relacionado com a sua conformação muscular (Rodriguez et al., 2019).

Estes trabalhos mostram que a aplicação de tecnologias na avaliação dos animais *in vivo* e das suas carcaças tem como objetivo contribuir para uma melhor eficiência na produção e avaliação da qualidade da carne de animais de diferentes grupos genéticos e sistemas de produção. O presente estudo verificou a possibilidade de obter um parâmetro associado à percentagem de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* que possa ser obtido num matadouro através de processamento da imagem fotográfica desse músculo. Não se verificou na bibliografia qualquer estudo semelhante para efeitos comparativos, salientando-se que a eficácia da metodologia deverá ser validada em trabalhos futuros com o objetivo de se obter uma matriz de dados mais extensa.

5 CONCLUSÃO

O parâmetro percentagem de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum* apresentou valores entre 0,62% e 2,08% nos 21 porcos da raça Bísara usados neste trabalho. A variabilidade aceitável obtida para este parâmetro resulta da variabilidade representada no peso vivo dos animais, que variou entre 22 e 111 Kg. Para estabelecer níveis de gordura intramuscular no músculo usando medidas obtidas da análise imagem deste músculo, em conjunto com o peso vivo e parâmetros da carcaça de porcos da raça Bísara, usaram-se três classes: 0,6 - 1,1 % de gordura intramuscular; 1,25- 1,5 % de gordura intramuscular; >1,5 % de gordura intramuscular. A MDA permitiu obter o melhor modelo de previsões de classificações corretas. Concluiu-se desta forma que foi necessário usar um modelo de análise não linear para classificar a percentagem de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis et lumborum*. As 5 variáveis com maior contribuição para o modelo MDA foram, por ordem decrescente de importância: área gordura intramuscular, Hm, PCF, Atm e número de partículas.

Globalmente, a análise de imagem da fotografia do músculo aliado com parâmetros de peso vivo e carcaça do animal mostrou-se eficiente para a determinação do número de partículas de gordura intramuscular e sua classificação em níveis de percentagem de gordura intramuscular, possuindo eficiência em sua aplicabilidade, custo e rapidez no processo de determinação dos parâmetros da carcaça. Trabalhos futuros podem ser realizados, usando um banco de dados maior e com mais de uma raça a ser analisada, com o objetivo de predizer a gordura intramuscular e modelos matemáticos para sua predição.

6 REFERÊNCIAS

- Amorim, A.; Gonçalves, A.; Leite, A.; et al. Características da carcaça. In: Fernandes, A. A.; Fernandes, A. J.; Fernandes, A.; et al. Porco Bísaro Qualidade da Carcaça e da Carne. 1ªed. Bragança, 2015. cap 3, p.34-38.
- AMSA- American Meat Science Association. Meat evaluation handbook. Savoy: 2011.
- Berg, E. P., Neary, M. K., Forrest, J. C., Thomas, D. L. & Kauffman, R. G. Evaluation of electronic technology to assess lamb carcass composition. *Journal of Animal Science*, 1997.
- Cianzio, D. S.; Topel, D. G.; Whitehurst, G. B. Adipose tissue growth in cattle representing two frame sizes: distribution among depots. *Journal of Animal Science*, n. 55, p.305-312. 1982.
- Clelland, N., Bungler, L., McLean, K. A., Conington, J., Maltin, C., Knott, S. & Lambe, N. R. Prediction of intramuscular fat levels in Texel lamb loins using X-ray computed tomography scanning. *Meat Science*, 98, 263-271. 2014.
- Craigie, C. R., Ross, D. W., Maltin, C. A., Purchas, R. W., Bünger, L., Roehe, R. & Morris, S. T. 2013. The relationship between video image analysis (VIA), visual classification, and saleable meat yield of sirloin and fillet cuts of beef carcasses differing in breed and gender. *Livestock Science*, 158, 169-178.
- DR (2005) – Diário da República – II Série. Despacho n.º 16 840/2005 (2.ª série), p. 11 124 -11 129, 4 de Agosto de 2005.
- Eggert, J.M., Grant, A.L., & Schinckel, A.P. Factors affecting fat distribution in pork carcasses. *The Professional Animal Scientist*. 2007.
- Felício, P. E. Classificação e tipificação de carcaças bovinas. I Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia de Carne. São Pedro, São Paulo. 2005.
- Ferguson, D.M. Objective on-line assessment of marbling: a brief review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.44, n.7, p.681-685, 2004.

Folch, J. et al. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G. H. S.; *J. Biology Chemical* **1957**, 226, 497.

Gondim CS, Junqueira RG, Souza SVC. Tendências em validação de métodos de ensaios qualitativos. *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo, 2011.

Greiner, S. P., Rouse, G. H., Wilson, D. E., Cundiff, L. V. & Wheeler, T. L. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81, 676-682. 2003.

Gupta, S., Kumar, A., Kumar, S., Bhat, Z. F., Hakeem, H. R. & Abrol, A. P. S. Recent trends in carcass evaluation techniques-a review. *Journal of Meat Science and Technology*. 2013.

Hastie, T., Tibshirani, R. *Stat. Soc. (B)*, 58 (1996), pp. 155-176

Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. *The Elements of Statistical Learning* Springer (2001)

Higbie, A. D., Bidner, T. D., Matthews, J. O., Southern, L. L., Page, T. G., Persica, M. A., Sanders, M. B. & Monlezun, C. J. Prediction of swine carcass composition by total body electrical conductivity (TOBEC). *Journal of Animal Science*, 80, 113-122. . 2002.

Hocquette, J., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., & Pethick, D. Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 2010.

Instituto Nacional de Estatística INE, 2017

Irgang, R., Guidoni, A.L., Berlitz, D. et al. Medidas de espessura de toucinho e de profundidade de músculo para estimar rendimento de carne magra em carcaças de suínos, *R. Bras. Zootec*, 1998.

- Jia, J., A. P. Schinckel, J. C. Forrest, W. Chen and J. R. Wagner. "Prediction of lean and fat composition in swine carcasses from ham area measurements with image analysis." *Meat Science*. 2010.
- Johnson, E. R., Butterfield, R. M.; Pryor, W. J. Studies of fat distribution in the bovine carcass. I. The partition of fatty tissues between depots. *Australian Journal of Agriculture Research.*, n. 23, p. 381. 1972.
- Kouba, M., Bonneau, M., & Noblet, J. Relative development of subcutaneous, intermuscular, and kidney fat in growing pigs with different body compositions. *Journal of Animal Science*, 77, 622-629. 1999.
- Kuhn, M., Johnson, K. *Applied Predictive Modeling* Kuhn, Max, Johnson, Kjell Springer, 2013
- Lawrie, R. A . *Meat science*. Cambridge : Pergamon Press, 1996.
- Lawrie, R.A. *Ciência da carne*. 6.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2005. 384p.
- Meat cuts and muscle foods*, Nottingham University Press, 2000.
- Moreno, G. M. B., Borba, H., Araújo, G. G. L., Voltolini, T. V., Souza, R. A., Silva Sobrinho, A. G., Buzanskas, M. E., Lima Júnior, D. M. & Alvarenga, T. I. R. C.. Rendimentos de carcaça, cortes comerciais e não-componentes da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de erva-sal e concentrado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v15, 192, 2014.
- Osório, J. C., Osório, M. T. M. *Como realizar uma avaliação completa na carcaça de caprinos e ovinos*. 2011.
- Quirino, C. R., Geraldo, A. T., Antunes, F., Vieira, G. S., Rua, M. A. S., Freitas, A. C. B., David, C. M. & Bartholazzi Júnior, A. 2016. Avaliação de carcaça de ovinos através da tomografia computadorizada. In: ALPA (ed.) XXV Congresso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. ALPA, Recife.
- Póvoas Janeiro J. *A suinicultura em Portugal*. Boletim Pecuário. 1944.

Regulamento (CE) nº 2810/95 da Comissão, 5 de Dezembro de 1995, relativo à classificação pautal de carcaças e meias carcaças de suínos.

Rodriguez, A. J., Teixeira, A. Slaughter weight rather than sex affects carcass cuts and tissue composition of Bísaro pigs. *Meat Science*. 2019.

Santo Silva, J., J. P. Araujo, J. Orlando Cerqueira, P. Pires, C. Alves and N. Batorek Lukac. *Bísaro Pig*. 2019.

Silva, S. L., Leme, P. R., Pereira, A. S. C. & Putrino, S. M. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultrassom e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1236-1242. 2003.

Standal, N. Establishment of CT facility for farm animals. In vivo measurement of body composition in meat animals. Elsevier Applied Science Publishers, London, 1, 43-51. . 1984.

Sugisawa, L. Ultra-sonografia para predição das características e composição da carcaça de bovinos. Universidade de São Paulo. 2002.

Sugisawa, L. & Soares, W. R. M. Ultrasonografia para predição da composição da carcaça de bovinos jovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 177-185. 2006.

Tarouco, J. U., Lobato, J. F. P., Tarouco, A. K. & Massia, G. S. Relação entre medidas ultra-sônicas e espessura de gordura subcutânea ou área de olho de lombo na carcaça em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2074-2084. 2005.

Teixeira, A.. Utilização de imagens de alta resolução para determinar a gordura intramuscular no músculo longissimus thoracis et lumborum de bovinos: 110-113. 2015.

Torres Geraldo, A. C. Quirino, F. Henry, R. Costa and R. Beltrame (2018). Técnicas de vídeo imagem para avaliação de carcaça: Revisão.

Wagner, J.R., Schinckel, A.P., Chen, W. et al. Analysis of body composition changes of swine during growth and development. J. Animal Science. 1999.

Wang, Y., Yang, W., Winter, P., Walker, P. Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network, Biosystems Engineering, Volume 100, Issue 1, 2008, Pag. 117-125.

Wang, J., Plataniotis, K. N., Juwei, A. N. Venetsanopoulos Kernel quadratic discriminant analysis for small sample size problem. Pattern Recognit., 41 (5) (2008), pp. 1528-1538