



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE ZOOTECNIA

TAYANE CRISTINA RODRIGUES DA SILVA BARROS

FATORES GENÉTICOS SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

FORTALEZA

2023

TAYANE CRISTINA RODRIGUES DA SILVA BARROS

FATORES GENÉTICOS SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Monografia apresentada à coordenação do Curso de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.
Orientador: Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B283f Barros, Tayane Cristina Rodrigues da Silva.
Fatores genéticos sobre a qualidade da carne suína / Tayane Cristina Rodrigues da Silva Barros. – 2023.
39 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Lucianoi Pinheiro da Silva.

1. Genética animal. 2. Produção de suínos. 3. Melhoramento genético. 4. Zootecnia aplicada. 5. Características de carcaça. I. Título.

CDD 636.08

TAYANE CRISTINA RODRIGUES DA SILVA BARROS

FATORES GENÉTICOS SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Monografia apresentada à coordenação do Curso de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Rennan Romullo Silva Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

João José de Mesquita Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

Nos últimos anos, o setor suínola no Brasil tem apresentado um crescimento significativo, impulsionado pelas melhorias nos parâmetros de desempenho produtivo dos animais. No entanto, apesar desse cenário favorável, questões relacionadas à qualidade da carne suína têm impacto direto no poder de compra e na aceitação do produto no mercado. Por isso, nas últimas décadas, o estudo da genética vem se tornando um ponto crítico para se obter melhores resultados ~~bons~~ na produção da carne suína, diminuindo custos e aumentando a competitividade no mercado. Apesar da investigação das características genéticas indesejadas na produção de suínos ainda ser limitada no plantel brasileiro, o gene Rendimento Napole (gene RN) e o gene Halotano (gene HAL) destacam-se como exemplos de genes que exercem influência direta na qualidade tecnológica da carne suína. Este trabalho tem como objetivo explicar sobre informações importantes e aprimorar o entendimento dos diversos aspectos que influenciam a qualidade da carne suína, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de melhoria da produção e evidenciando a importância do desenvolvimento de programas de criação e seleção que visem aperfeiçoar a qualidade da carne suína com base em fatores genéticos.

Palavras-chave: castração; correlação genética; desvios de qualidade; gene da gordura intramuscular; gene halotano; gene rendimento nápole; herdabilidade; manejo pré abate; odor de macho; porco

ABSTRACT

In recent years, the swine industry in Brazil has shown significant growth, driven by improvements in the productive performance parameters of the animals. However, despite this favorable scenario, issues related to the quality of pork have a direct impact on purchasing power and product acceptance in the market. Therefore, in recent decades, the study of genetics has become a critical point to achieve better results in pork production, reducing costs, and increasing competitiveness in the market. Although the investigation of undesirable genetic traits in swine production is still limited in the Brazilian herd, the Rendement Napole gene (RN gene) and the Halothane gene (HAL gene) stand out as examples of genes that directly influence the technological quality of pork. This work aims to explain important information and enhance the understanding of the various aspects that influence the quality of pork, contributing to the development of production improvement strategies and highlighting the importance of developing breeding and selection programs aimed at improving pork quality based on genetic factors.

Keywords: boar taint; castration; genetic correlation; halothane gene; heritability; intramuscular fat gene; pig; pre-slaughter management; quality deviations; rendement napole gene.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	Creatina-fosfato
CRA	Capacidade de retenção de água
DFD	Dark, firm and dry
gf	Gramas-força
GWAS	Genome Wide Association Studies (Estudos de associação do genoma)
Hal	Halotano
IMF	Gordura intramuscular
N	Newtons
PSE	Pale, soft and exsudative
QTL	Quantitative trait loci (Loci de traços quantitativos)
RN	Rendimento Napole
Ryr1	Receptores de rianodina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE	
	SUÍNA.....	2
2.1	Manejo pré-abate.....	2
2.2	Transformações post mortem.....	3
2.3	pH da carne.....	4
3	PRINCIPAIS DESVIOS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA.....	5
3.1	Carne PSE.....	5
3.2	Carne DFD.....	6
4	CARACTERÍSTICAS DA CARNE.....	7
4.1	Capacidade de retenção de água.....	7
4.2	Perda de água por cocção.....	7
4.3	Características sensoriais.....	8
4.3.1	<i>Cor.....</i>	8
4.3.2	<i>Sabor e Aroma.....</i>	9
4.3.3	<i>Suculência.....</i>	9
4.3.4	<i>Textura.....</i>	10
4.3.4.1	<i>Analisador de Textura.....</i>	10
4.3.4.2	<i>Teste de Cisalhamento.....</i>	11
4.3.4.3	<i>Análise de Imagem.....</i>	11
4.3.4.4	<i>Medição por Ultrassom.....</i>	12
5	EFEITOS DA CASTRAÇÃO NA QUALIDADE DA CARNE.....	13
5.1	Qualidade da carne de machos inteiros.....	13
5.2	Odor sexual.....	13
5.3	Métodos de eliminação do odor sexual.....	14
5.3.1	<i>Castração cirúrgica.....</i>	14
5.3.2	<i>Castração química.....</i>	14
5.3.3	<i>Seleção genética.....</i>	15
5.3.4	<i>Seleção assistida por marcadores.....</i>	15

5.3.5	<i>Cruzamento</i>	15
6	PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE	16
6.1	Parâmetros genéticos.....	16
6.2	Herdabilidade.....	16
6.3	Correlação genética.....	17
7	GENES QUE INFLUENCIAM NAS CARACTERÍSTICAS DA CARNE	18
7.1	Gene Halotano.....	18
7.2	Gene Rendimento Napole.....	20
7.3	Gene da gordura intramuscular.....	21
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura mundial encontra-se em processo de mudanças, principalmente em relação à produção de carnes. Atualmente, a carne suína é a fonte de proteína mais consumida em todo o mundo, sendo responsável por quase metade do consumo e totalizando 110,7 milhões de toneladas em 2022, e com o Brasil se encontrando na 5ª posição no ranking de países produtores e consumidores de carne suína (USDA, 2022).

No primeiro trimestre de 2022, o Brasil registrou um aumento significativo na quantidade de suínos abatidos, alcançando 13,64 milhões de cabeças. Esse número representa um aumento de 7,2% em comparação ao mesmo período de 2021 e de 1,5% em relação ao quarto trimestre de 2021. Esses resultados são os melhores já registrados nos meses de janeiro, fevereiro e março desde o início da pesquisa em 1997. O crescimento na produção de carne suína, juntamente com uma diminuição nas exportações, resultou em um aumento na disponibilidade do produto no mercado interno. No entanto, devido à alta oferta e uma demanda enfraquecida devido ao poder de compra reduzido das famílias e as crenças sobre o consumo de maneira equivocada, os preços pagos aos produtores apresentaram queda em comparação com o mesmo período do ano anterior, como indicado no relatório do Cepea/Esalq (IBGE, 2022).

A carne suína é frequentemente vista como um tabu por alguns consumidores, devido à crença de que é rica em gordura e prejudicial à saúde. Entretanto, do ponto de vista nutricional, está comprovado que isso é um equívoco. A carne suína é uma fonte rica em nutrientes essenciais para o organismo, e quando consumida com moderação, não apresenta nenhum risco à saúde humana (Sarcinelli *et al.*, 2007).

Em uma avaliação mais ampla, as mudanças de exigências dos consumidores são impulsionadas por diferentes padrões culturais como desmitificação do produto, e pela evolução do poder aquisitivo. Aliado a isso as mudanças provocadas pelo rearranjo dos sistemas produtivos e pelo avanço tecnológico, tem levado a alterações substanciais na forma de produzir e nas características dos produtos. Essa transformação de cenário é evidente no setor agropecuário como um todo, mas é particularmente notável na produção animal, que tem passado por significativas mudanças nos últimos anos (Bertol, 2019).

A fim de contribuir com a melhoria da qualidade da carne, a seleção é um dos principais meios utilizados para alcançar resultados destacados, porém, sua eficácia depende diretamente da precisão das previsões dos valores genéticos. Para garantir essa precisão, é crucial estimar os parâmetros genéticos relacionados às características de maior importância econômica (Evangelista *et al.*, 2019).

Nesse sentido, é de extrema importância adotar abordagens que visem garantir a qualidade da carne suína de acordo com cada objetivo específico. Isso permitirá atender às

expectativas tanto dos consumidores quanto das indústrias, oferecendo um produto de alta qualidade tecnológica e com um excelente valor, capaz de satisfazer o consumidor desde a compra até o consumo da carne (Rosa *et al.*, 2008). Diante desse cenário, o objetivo desta revisão é analisar as características que influenciam a qualidade da carne suína, enfatizando a sua importância, bem como o papel da genética na determinação dessas características.

2 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

2.1 Manejo pré-abate

O manejo pré-abate é um parâmetro de bastante importância, pois cada etapa pode causar estresse e comprometer o bem-estar animal. Existem diversos agentes estressores envolvidos no manejo pré-abate, que podem ocasionar alterações metabólicas geradas como reação ao desconforto físico e emocional (Costa *et al.*, 2009).

Esta fase consiste em uma série de operações sequenciais, necessitando de uma interação homem-animal maior do que os animais estão habituados e procedimentos como jejum na granja, embarque, transporte, desembarque, alojamento nas baias do frigorífico, período de descanso, atordoamento e abate, com diversas variáveis que podem resultar em um baixo bem-estar animal (Costa *et al.*, 2009; Bispo *et al.*, 2016; Marcon, 2017).

As falhas no manejo pré-abate podem acarretar em carcaças com alterações, sendo elas conhecidas como carnes PSE (*pale, soft, and exudative*: carne pálida, flácida e exsudativa) e DFD (*dark, firm, and dry*, carne escura, firme e seca), que produzem grandes perdas econômicas (Kauffman *et al.*, 1978; Santana *et al.*, 2009) pois, devido a sua cor pouco atrativa, são constantemente rejeitadas pelos consumidores e também pela indústria de processamento, pela dificuldade de sua industrialização (Kauffman *et al.* 1978).

Sendo assim, estes procedimentos necessitam ser realizados de forma correta para que se possa garantir a qualidade da carne. Entre as boas práticas de manejo pré-abate estão a introdução do jejum antes do embarque; o uso de plataformas de embarque adequadas; a utilização de veículos adequados para o transporte dos suínos; a adaptação das instalações das baias de descanso; a redução do tempo de descanso e na utilização de métodos adequados de insensibilização (Araújo, 2009).

2.2 Transformações post mortem

As transformações post mortem consistem em uma série de modificações bioquímicas e estruturais que ocorrem simultaneamente após o abate. Também chamada de “conversão do músculo em carne”, essas modificações dependem dos tratamentos ante mortem, do processo de abate e das técnicas de armazenamento da carne (Roça, 2009).

A aparência final e qualidade da carne suína estão diretamente ligadas com essas transformações, as quais se iniciam logo após a sangria: neste momento ocorre a paralisação da entrada de oxigênio no músculo, assim ficando apenas aquele que já estava ligado à mioglobina e mantendo o metabolismo aeróbico do músculo, porém por um curto período de tempo. Os processos metabólicos das fibras musculares continuam gastando energia, na tentativa de restaurar a homeostase do corpo (Rübensam, 2000).

O rigor mortis acontece a partir deste momento: com falta de oxigenação do músculo e o contínuo gasto de energia nas fibras musculares, ocorre a despolarização das células do sistema nervoso, o que resulta na contração e relaxamento do músculo até o fim das reservas de energia. O rigor mortis se estabelece quando o músculo perde a capacidade de se estender (Bridi & Silva, 2013). Com isso, o músculo é intitulado de carne, demonstrando as suas características essenciais: maciez, suculência e cor vibrante (Costa, 2006).

Segundo Roça (2009), o tempo de instalação do rigor mortis depende de fatores internos e externos. Entre os fatores internos mais importantes estão as reservas de glicogênio e creatina-fosfato (CP): quanto maior é o conteúdo de glicogênio e CP no momento do abate, mais tarde aparece o rigor mortis e vice-versa. Já nos fatores externos, pode-se citar como o mais importante a temperatura: quanto menor for a temperatura da carne, mais lentamente a glicólise e a queda do pH ocorrem. Ao resfriar a carne rapidamente, os processos post mortem são retardados e o rigor mortis aparece mais tardiamente do que quando a temperatura da carne é maior. Os processos bioquímicos são quase completamente interrompidos quando a carne é congelada antes do aparecimento do rigor mortis. Nesse caso, o rigor se completará somente após o descongelamento da carne.

2.3 pH da carne

O pH é um fator que influencia, de forma direta ou indireta, várias características da carne, como a cor, capacidade de retenção de água, maciez, suculência e sabor.

Após o abate, o pH da carne sofre um declínio, principalmente, devido à ausência de oxigênio no sangue do animal, o que acarreta a produção e acúmulo de lactato no músculo. Outro processo que também contribui, de forma significativa, para a diminuição do pH é a produção de íons H^+ , resultado do processo de hidrólise da molécula de ATP (Rübensam, 2000; Moura, 2015).

Essas ações levam à acidificação da carne, a qual é essencial no processo de transformação da carne pois as enzimas responsáveis pela glicólise são desnaturadas, acompanhando a diminuição do pH, até que este atinja valores entre 5,5 e 5,8, assim concedendo à carne características agradáveis aos consumidores, como maciez e suculência (Rübensam, 2000; Moura, 2015).

Segundo Rübensam (2000), a velocidade do declínio do pH pode variar de acordo com a condição do músculo no momento da cessão da oxigenação: em algumas carcaças o processo pode ocorrer em menos de 24 horas após abate, assim como em alguns casos o pH pode se estabilizar de 15 a 60 minutos após o processo da sangria.

Quando a redução do pH não ocorre de maneira adequada se dá a possibilidade do desenvolvimento de carnes PSE e DFD. Segundo Alves (2011), quando os músculos apresentam um pH acima de 6,1 nas primeiras horas após o abate, há predisposição à carne DFD. Já Caldara (2012) e Garrido (2000) afirmam sobre os efeitos da queda brusca do pH em carcaças, antes mesmo que o músculo tenha sido resfriado, acabam resultando em carnes PSE.

3 PRINCIPAIS DESVIOS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

3.1 Carne PSE

A carne PSE, um dos principais problemas da indústria suinícola, é caracterizada por ser de cor pálida (*Pale*), textura mole (*Soft*) e com baixa capacidade de retenção de água ou exsudativa (*Exsudative*). Essa anomalia influencia as características físicas, químicas e sensoriais da carne, acarretando em problemas aos frigoríficos e a indústria de processamento. Sua flacidez e ausência de cor acaba causando rejeição pelos consumidores e prejudicando os processos industriais de fabricação, consequentemente causando prejuízos à indústria (Van Laack *et al.*, 1995; Moura, 2015).

Sarcinelli *et al* (2007), associam a carne PSE com fatores relacionados a uma má realização do manejo pré-abate e se caracteriza pela rápida queda do pH <5,8, o que torna a carne pálida e com baixa capacidade de retenção de água, resultando em maior perda de peso. Segundo Terra e Fries (2000), a característica dessa carne é a perda da capacidade de retenção de água, o que resulta a maior perda de peso podendo ser usada apenas para industrialização na proporção de 30% carne PSE para 70% carne normal e de preferência utilizada apenas na fabricação de salames.

3.2 Carne DFD

A carne DFD é caracterizada por ser uma carne escura (*Dark*), firme (*Firm*) e seca (*Dry*). A sua origem se dá principalmente devido ao estresse gerado antes do abate e da sangria, relacionados às práticas de pré-abate, transporte de animais e também longos períodos de descanso pré abate. Um longo período de espera, isto é maior ou igual a 20 horas, acarreta numa maior incidência de carcaças DFD (Rübensam, 2000).

O estresse pré-abate acarreta no esgotamento das reservas de glicogênio muscular, no qual há uma pouca acidificação da carne e assim, 24 horas depois do abate, mantendo o mesmo valor do pH inicial após resfriamento (Rübensam, 2000). Segundo Faria (2008), deve-se adotar algumas medidas a fim de evitar a ocorrência dessa anomalia, como barrar a junção a lotes de origens diferentes, formando grupos com poucos animais; adotar o descanso destes antes do embarque; e realizar o transporte e desembarque de maneira mais tranquila possível. Segundo Ourique (1989), a temperatura do ambiente também influencia no aumento da incidência de carnes DFD, ocorrendo em dias nas quais a temperatura se dá em torno de 5°C.

Segundo Terra e Fries (2000), a carne DFD apresenta uma tendência maior ao desenvolvimento de organismos patogênicos, devido ao seu pH próximo a 6,2, promovendo a degradação microbiana, e assim diminuindo sua vida útil e sua vida de prateleira. Devido a isto, há diversas perdas na indústria de carnes, pois não é permitido a sua utilização na fabricação de presunto cru e salame, por exemplo.

4 CARACTERÍSTICAS DA CARNE

4.1 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade da carne de manter a sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração, centrifugação e/ou prensagem (Roça, 2009). Ela é uma característica fundamental para a análise da qualidade da carne pois determina a sua suculência, atributo desejado pelos consumidores, afetando tanto o seu uso para consumo direto, como para a sua industrialização (Simoni & Roque-Specht, 2009; ROÇA, 2009).

A CRA é fundamental para a determinação das principais características sensoriais da carne como cor, textura, suculência e maciez. Segundo Gusse (1996), a diminuição da água no músculo interfere negativamente na palatabilidade da carne, além de, segundo Sarcinelli *et al.* (2007), afetar a sua utilização pelas indústrias processadoras de carne.

A capacidade de retenção de água do tecido muscular possui grande importância durante o armazenamento da carne. Durante a estocagem da carcaça, há uma exposição desta à atmosfera, no qual acarreta perdas de umidade e, assim, de peso. Quando os tecidos têm pouca capacidade de retenção de água, essas reduções ocorrem de maneira substancial, afetando o produto (Roça, 2009).

4.2 Perda de água por cocção

O processo da perda de água por exsudação durante o cozimento da carne é comum, pois além das perdas de líquido, quando a água que sai do músculo permanece na vasilha de cozimento, há também perdas por evaporação ao longo do cozimento. Quanto maior a perda de água, menos macia e suculenta a carne ficará ao final do processo de cocção, resultando em uma carne mais dura e seca (Pereira, 2012).

Essas perdas ocorrem no processamento da carne, sendo calculada através da diferença entre seu peso inicial, antes da cocção, e o final, no final do processo, resultando em um valor expresso em porcentagem. A redução da água ocorre devido ao aumento da temperatura, entre 20° e 45°C, sucedido por um aumento gradativo até 45° a 50°C. Essa elevação térmica gradual mantém a perda de água constante (Moura, 2015; Gomes, 2017).

4.3 Características Sensoriais

4.3.1 Cor

A cor da carne é uma característica de muita importância econômica pois, devido ao seu apelo visual, afeta diretamente a avaliação do consumidor no momento da comercialização (EMBRAPA, 1999). Diversos países, como Estados Unidos e Canadá, utilizam a coloração como um parâmetro na tipificação da carcaça (Canhos & Dias, 1983).

A cor é determinada pela concentração de pigmentos de proteínas encontrados na carne, sendo elas a hemoglobina e a mioglobina, as quais são conhecidas como pigmento sanguíneo e pigmento muscular, respectivamente (Roça, 2009). Desta forma, a mioglobina é a principal substância responsável pela determinação da cor da carne, constituindo 80 a 90% do total, e sua concentração muda de acordo com diversos fatores como sexo, idade, espécie, atividade física e localização anatômica do músculo, resultando em variação de cor na carne. Enquanto isso, a hemoglobina afeta a coloração somente nos casos em que o processo da sangria foi mal realizado (EMBRAPA, 1999.; Roça, 2009).

Segundo a Embrapa (1999), a cor da carne, em sua forma ideal, é um vermelho brilhante, porém devido às variações de concentração de pigmento, há diferenças de tonalidade. Sarcinelli, Venturini e Silva (2007), retratam a carne suína como tendo uma cor uniforme, rosada a avermelhada, e possuindo uma camada de gordura branca.

Monteiro (2007) relata a importância da mioglobina para a variedade de tonalidade da carne de cada espécie. A quantidade desse pigmento faz com que a cor esteja diretamente relacionada à perda de água, devido à proporção entre a mioglobina e a quantidade de seus estados redox. Isso leva a três tipos de variação desse pigmento: a oximioglobina, que tem cor vermelho-brilhante; a mioglobina propriamente dita, que apresenta cor púrpura; e a metamioglobina, com a marrom-acinzentado. Segundo Roça (2009), a combinação da grande proporção de água livre nos tecidos com os efeitos do baixo valor de pH dos pigmentos ocasiona a palidez da carne PSE e a desnaturação da parte proteica.

4.3.2 Sabor e Aroma

O aroma e sabor da carne são parâmetros sensoriais determinados por diversos fatores. Entre os mais de 1000 componentes identificados, há alguns mais facilmente identificáveis, como sexo, espécie, idade, alimentação, raça e manejo, que são elementos pré-abate, além de outros vindo do pós-abate, como pH final do músculo, condições de armazenamento, esfriamento e procedimento culinário (Sarcinelli *et al.*, 2007; Roça, 2009).

Segundo a Embrapa (1999), o sabor e o aroma são aspectos complementares, agrupando-os em um complexo denominado saboroma. Assim, caso ocorra a eliminação do odor, o sabor de um alimento fica alterado. Por isso, apesar de sofrerem críticas por conta do fator subjetivo, diz-se que a melhor maneira de avaliação é por meio de painéis de degustação, já que a real percepção do saboroma só ocorre quando o alimento é colocado na boca, embora a liberação do aroma já ser liberado durante a cocção (Moura, 2015).

São várias as características que são percebidas pelo paladar do consumidor quando o alimento passa pela cavidade bucal, entre elas as principais são a maciez, a textura, a suculência e a presença de óleos e fibras (Costa *et al.*, 2009; Albuquerque *et al.*, 2014).

4.3.3 Suculência

A suculência da carne é um fator presente na fase de mastigação, sendo observada nos primeiros movimentos, onde ocorre uma rápida liberação de líquido e de soro, causada pela estimulação da gordura sobre o fluxo salivar (Osório *et al.*, 2009; Roça, 2009).

A gordura intramuscular é responsável pela sensação de suculência na carne, pois funciona como uma contenção, mantendo o suco muscular durante o cozimento e assim aumentando a suculência (Sarcinelli *et al.*, 2007). Segundo Osório *et al.* (2009), é devido à falta, ou redução, de gordura intramuscular que há uma sensação de secura nas carnes de animais jovens. Ele também ressalta a importância desta gordura para a suculência de carnes de boa qualidade.

4.3.4 Textura

Dentre todas as características sensoriais que influenciam na qualidade da carne, a textura é considerada a mais importante delas (Silva Sobrinho *et al.*, 2005).

A textura é um conjunto de sensações distintas, delas a dureza-maciez é a mais importante já que na carne cozida explicaria 2/3 das variações da textura. A maciez pode ser definida como a facilidade com que a carne se deixa mastigar, que pode ser decomposta em três sensações pelo consumidor: uma inicial, ou facilidade a penetração e corte, outra mais prolongada que seria a resistência que oferece a ruptura ao longo da mastigação e a final, que daria sensação de resíduo mais ou menos importante (Osório *et al.*, 2009).

Segundo Roça (2009), os atributos mais importantes para a textura da carne são a maciez, suculência e mastigabilidade. A maciez é talvez o fator mais importante para o consumidor, para julgar a qualidade da carne, e ele possui dois fatores que podem afetar a maciez da carne: um de origem ante mortem, que envolve idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero; e um de origem post mortem, no qual envolve estimulação elétrica, rigor-mortis, esfriamento da carcaça, maturação, método e temperatura de cozimento, e pH final.

A medida objetiva de textura da carne suína refere-se ao processo de avaliação e quantificação das características físicas e mecânicas da carne suína de uma maneira imparcial e padronizada. Em vez de depender de percepções subjetivas, a medida objetiva busca utilizar instrumentos, técnicas e análises científicas para obter dados mensuráveis e consistentes sobre a textura da carne suína. (Liu, Y.; Cao; Liu, G., 2019)

Essas medidas objetivas são importantes para várias finalidades, como controle de qualidade na indústria de processamento de carne, pesquisa científica, desenvolvimento de produtos e seleção de animais com base em características de textura desejáveis. Elas ajudam a avaliar e comparar diferentes amostras de carne suína de forma precisa e confiável (Zhou *et al.*, 2010). As medidas objetivas da textura da carne suína são realizadas por meio de diferentes métodos e instrumentos.

4.3.4.1. Analisador de Textura

O analisador de textura é um equipamento que aplica força controlada a uma amostra de carne suína e registra a resposta mecânica. Os parâmetros de textura, como dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade e aderência, podem ser medidos por meio da compressão, penetração ou cisalhamento da amostra (Liu, Y.; Cao; Liu, G., 2019; Rashid; Kormin; Asman, 2021).

Esse aparelho consiste em uma estrutura robusta com uma plataforma de teste na qual a amostra de carne suína é colocada. Ele é equipado com uma variedade de sondas, como

pontas de compressão, agulhas de penetração ou lâminas de cisalhamento, dependendo do tipo de teste que será realizado (Hopkins *et al.*, 2011).

O funcionamento do analisador de textura envolve a aplicação de uma força controlada à amostra de carne suína por meio de uma sonda. Durante o teste, a força é aumentada gradualmente até que ocorra a deformação ou a ruptura da amostra. Ao mesmo tempo, o analisador registra a força aplicada e a resposta mecânica da amostra, como deslocamento, compressão ou resistência ao corte (Nunes *et al.*, 2011).

4.3.4.2. *Teste de Cisalhamento*

O teste de cisalhamento é um método utilizado para medir a resistência ao corte de uma amostra de carne suína, fornecendo informações objetivas sobre a textura desse alimento. Nesse processo, a amostra de carne suína é preparada de forma padronizada, geralmente em formato de cubo ou cilindro. Em seguida, a amostra é submetida a uma força de cisalhamento controlada por meio de um dispositivo específico, como uma guilhotina ou um texturômetro com lâmina de cisalhamento (Pereira, 2012).

Durante o teste, a força é aplicada de maneira perpendicular às fibras musculares da carne suína, provocando o corte da amostra. A força necessária para cortar a carne é medida e registrada pelo equipamento. Os resultados obtidos no teste de cisalhamento são expressos em unidades de força, como Newtons (N) ou gramas-força (gf). Valores mais altos indicam maior resistência ao corte e, portanto, uma textura mais firme da carne suína (Alves *et al.*, 2005; Moura, 2015).

O teste de cisalhamento fornece informações importantes sobre a textura da carne suína, pois a resistência ao corte está relacionada à maciez e suculência do alimento. Carne suína mais macia tenderá a apresentar valores menores de força no teste de cisalhamento, enquanto uma carne mais firme exigirá uma força maior para ser cortada (Moura, 2015).

4.3.4.3. *Análise de Imagem*

A análise de imagem pode ser usada para avaliar a textura da carne suína de forma objetiva. É uma abordagem não destrutiva e eficiente para avaliar a textura da carne suína, fornecendo informações detalhadas sobre a estrutura e a composição da amostra. Essas informações podem ser usadas para comparar diferentes cortes de carne, avaliar a qualidade da carne suína, otimizar processos de produção e desenvolver produtos alimentícios com características de textura desejáveis (Teira *et al.*, 2003).

Nesse método, imagens da superfície da carne são capturadas e processadas por meio de software especializado, permitindo extrair informações e quantificar características relacionadas à textura, como porosidade, distribuição de fibras e estrutura muscular. Essas informações podem ser usadas para quantificar a textura da carne suína (Rashid; Kormin;

Asman, 2021)

4.3.4.4. *Medição por Ultrassom*

A medição por ultrassom é uma técnica não invasiva, rápida e precisa para avaliar a textura da carne suína. Ela é utilizada em pesquisa científica, desenvolvimento de produtos e controle de qualidade na indústria de processamento de carne, auxiliando na seleção de cortes de carne, monitoramento da consistência da textura e otimização de processos de produção (Yokoo *et al.*, 2010; Li; Zhang; Sun, 2013).

A tecnologia de ultrassom é empregada para medir a velocidade do som que atravessa a carne suína. Diferentes texturas da carne terão diferentes propriedades de transmissão do som, e essas diferenças podem ser quantificadas usando dispositivos de ultrassom. As medições por ultrassom permitem avaliar a densidade e a homogeneidade da carne suína, bem como detectar variações na composição e na estrutura do tecido. Essas informações podem ser relacionadas à textura, uma vez que diferentes texturas de carne suína terão propriedades acústicas distintas (Li; Zhang; Sun, 2013).

A análise por ultrassom oferece diversas vantagens, conforme destacado por Sainz e Araújo (2002). Em primeiro lugar, permite uma avaliação precoce dos animais para seleção, sem a necessidade de abate ou teste de progênie. Os resultados podem ser obtidos antes da primeira estação de monta. Em segundo lugar, o custo da avaliação individual por ultrassom é significativamente menor em comparação com o teste de progênie, enquanto os resultados obtidos são equivalentes. Em terceiro lugar, as características de carcaça avaliadas por ultrassom têm uma herdabilidade média-alta, e em alguns casos, as medidas por ultrassom são até superiores às medidas diretas. Além disso, a ultrasonografia pode ser usada como um complemento para o julgamento visual na pista, adicionando mais objetividade a esse processo.

5 EFEITOS DA CASTRAÇÃO NA QUALIDADE DA CARNE

5.1 Qualidade da carne de machos inteiros

A utilização da castração em machos terminais é uma prática que vem sendo aplicada há vários anos, principalmente na espécie suína. Os motivos mais comuns para a realização desse procedimento é a suavização do seu comportamento, facilitando o manejo desses animais, a maior deposição de gordura, fator muito apreciado nas gerações passadas, e sobretudo, a anulação do odor sexual que a carne dos suínos inteiros exala (Bonneau & Squires, 2000).

Apesar da carne proveniente de machos não castrados possuírem diversas qualidades, como uma menor espessura de gordura, o que resulta em um menor teor de tecido adiposo intramuscular e melhor apreciação pelo consumidor atual, e um melhor rendimento em relação ao comprimento da carcaça, espessura de toucinho e área de olho de lombo, se comparado aos castrados (Hansen & Lewis, 1993; Xue *et al.*, 1997), a castração é imprescindível pois machos inteiros, ao pesarem mais de 75 Kg, exalam um cheiro e apresentam um sabor desagradável na carne e na gordura, intensificando esse mau odor quanto mais velho for este animal (Sobestiansky *et al.*, 2003).

5.2 Odor sexual

O odor sexual foi mencionado pela primeira vez na literatura em 1936, com consumidores o relacionando com os odores de urina, transpiração e cânfora, principalmente na gordura. Foi então observado o fluido prepucial dos machos, onde verificou-se uma mistura de fenóis que foi então apontada como responsável pelo odor. Posteriormente, identificaram, utilizando a análise por cromatografia gasosa, o composto androstenona (Patterson, 1968).

A androstenona e o escatol são amplamente conhecidos no meio científico como os responsáveis pelo odor sexual, sendo, respectivamente, caracterizados por um odor semelhante à urina e às fezes. A androstenona é um feromônio esteroide da classe 16-androsteno produzido nos testículos e o escatol é gerado através da degradação do triptofano pelas bactérias lácticas encontradas no trato digestivo. Esses dois compostos, devido a sua natureza lipofílica, são absorvidos e acumulados no tecido adiposo, e quando aquecidas, durante o cozimento da carne, são liberadas, concedendo odor e sabor desagradáveis (Zamaratskaia *et al.*, 2008; Bonneau & Squires, 2000; Athayde, 2013).

5.3 Métodos de eliminação do odor sexual

5.3.1 Castração cirúrgica

A castração de machos suínos pelo método cirúrgico é um procedimento tradicional que vem sendo utilizado ao longo dos anos. Esse procedimento, também conhecido como orquiectomia, é costumeiramente realizado em leitões aos setes dias de vida, geralmente sem anestesia (Von Borell *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2016).

No procedimento é utilizado um bisturi, o qual é utilizado com o objetivo de fazer incisões sobre cada saco escrotal, exteriorizando os testículos e removendo-os através da raspagem do cordão espermático. Esse procedimento impede a produção de espermatozoide, além de testosterona e de androsterona, assim provocando redução na agressividade, no comportamento sexual e, principalmente, no aparecimento de odor na carcaça (Prunier *et al.*, 2006; Thun *et al.*, 2006).

Apesar da frequência com que esse procedimento é utilizado, devido ao estresse ele causa um impacto na vida e no metabolismo do animal, como diminuição da eficiência alimentar, estresse, desenvolvimento muscular lento, perdas de animais, infecções e inflamações crônicas, além de maior acúmulo de gordura na carcaça. Devido a esses fatores, esse procedimento está em processo de banimento em alguns países, como a Noruega (Bonneau, 1998; Oliver *et al.*, 2003; Bauer *et al.*, 2008).

5.3.2 Castração química

A castração química, também conhecida como imunocastração, é um método alternativo para evitar as complicações causadas pela castração cirúrgica, mantendo a integridade de leitões no início da vida (Barbosa *et al.*, 2012). É um procedimento o qual consiste na aplicação de uma vacina injetável, administrada por via subcutânea na base do pescoço, atrás da orelha, sendo necessárias duas doses, com intervalo de quatro semanas entre cada um, para que a castração imunológica funcione. O resultado dura até oito semanas após a última aplicação (Oliver *et al.*, 2003; PFIZER, 2007).

A vacina age utilizando uma forma modificada do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH), associada a uma proteína, estimulando o próprio sistema imunológico dos animais a produzir anticorpos naturais contra esse hormônio, bloqueando a sua ação (Jaros *et al.*, 2005; PFIZER, 2007; Silva *et al.*, 2011).

O GnRH é um dos hormônios produzidos pelo hipotálamo, sendo liberado em pulsos a fim de estimular ou inibir a hipófise a liberar o FSH (hormônio folículo estimulante) e o LH (hormônio luteinizante). Ambos são gonadotrofinas que agem sobre as gônadas, estimulando a produção dos esteróides progesterona e estradiol, os quais retroalimentam eixo hipotalâmico-hipofisário, além de desenvolver os testículos (Jaros *et al.*, 2005; Almeida *et al.*, 2013).

Utilizando o próprio sistema imune do suíno para suprimir o GnRH, ocorre a interrupção do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, devido à barreira imunológica o qual impede a passagem de GnRH, no hipotálamo, ao local de ação, na glândula pituitária. Esta não possibilita a liberação do LH e do FSH. Conseqüentemente, ocorre a paralisação da produção de androstenona e da metabolização do escatol, além de cessar o desenvolvimento dos testículos, tornando-os menos proeminentes, e assim suspendendo o acúmulo dos compostos causadores do odor sexual (Anabel, 2006; Thun *et al.*, 2006; Bauer *et al.*, 2008; SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2018).

5.3.3 Seleção genética

A seleção genética é uma alternativa à castração e envolve a criação de suínos com menor probabilidade de apresentar odor de macho inteiro. Ao selecionar animais com níveis mais baixos de androstenona e escatol, é possível reduzir a ocorrência de odor sexual na prole. Esta abordagem visa identificar marcadores genéticos associados ao odor sexual e incorporá-los em programas de melhoramento (Bonneau, 1994; Tonietti, 2008).

5.3.4 Seleção assistida por marcadores

Os pesquisadores têm se concentrado na identificação de genes específicos ou marcadores genéticos associados ao odor de macho inteiro. Usando técnicas como estudos de associação do genoma (GWAS) e análise de loci de traços quantitativos (QTL), foram identificados marcadores genéticos ligados a níveis mais baixos de androstenona e escatol. Esses marcadores podem então ser usados para seleção assistida por marcadores, permitindo que criadores selecionem suínos com risco reduzido de odor de macho inteiro (Santos, 2010; Resende, 2012b; Hill, 2013).

5.3.5 Cruzamento

O cruzamento também pode ser usado para reduzir o odor de macho inteiro. Ao introduzir genética de raças com níveis mais baixos de odor de macho inteiro em populações comerciais de suínos, a incidência da doença pode ser reduzida. Os níveis de androstenona podem variar entre diferentes raças suínas. Estudos mostraram que a raça Duroc apresenta níveis significativamente mais altos de androstenona em comparação com as raças Yorkshire, Landrace ou Hampshire (Xue *et al.*, 1996; Squires & Lou, 1995). Além disso, a raça Large White tende a ter níveis mais elevados de androstenona em comparação com a raça Landrace (Willeke, 1993) e sua inclusão em programas de cruzamento pode ajudar a reduzir o odor de macho inteiro.

6 PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE

6.1 Parâmetros genéticos

Parâmetros genéticos são utilizados para descrever o grau de controle genético ou influência de um atributo em uma população. Quando se trata de características de carcaça e qualidade da carne na pecuária, vários parâmetros genéticos são comumente considerados. Em um programa de melhoramento, é imprescindível a utilização de certos critérios para que se haja um bom planejamento, entre eles estão a herdabilidade e a correlação genética, fatores fundamentais para obter o progresso genético de uma característica ou comportamento em um grupo de animais (Pires *et al.*, 2000, Lopes, 2005, Silva, 2022).

6.1.1 Herdabilidade (H^2)

A herdabilidade é um parâmetro de muita importância para o melhoramento genético pois, através dele, se consegue expressar quanto o valor fenotípico de um animal é válido para ser utilizado como um guia para predizer seu valor genético, assim possibilitando uma estratégia de seleção mais eficaz, garantindo uma resposta esperada (Cardellino & Rovira, 1987; Santos, 2010).

A herdabilidade mede a proporção de variação fenotípica em uma característica que pode ser atribuída a diferenças genéticas (Falconer, 1981; Ferreira *et al.*, 2022). Varia de 0 a 1, sendo que uma herdabilidade de 0 indica que os fatores genéticos não contribuem para a variação na característica, enquanto uma herdabilidade de 1 indica que toda a variação é devida a fatores genéticos, mais especificamente de 0,0 a 0,1 é considerada baixa, de 0,1 a 0,3 é média e, acima de 0,3, alta (Pereira, 2004).

Segundo Falconer (1981), o valor da herdabilidade é influenciado por todos os componentes de variância que contribuem para a variação da característica. Esses componentes incluem fatores genéticos, fatores ambientais e suas interações. Quando a herdabilidade é baixa, as diferenças nas características entre os indivíduos são influenciadas principalmente por fatores ambientais. Por outro lado, um alto valor de herdabilidade indica que as variações genéticas desempenham um papel significativo na explicação da variação nas características. Além disso, os valores de herdabilidade podem variar dependendo das condições ambientais, com valores mais elevados observados em ambientes estáveis em comparação com aqueles com flutuações significativas (Santos, 2010)

6.1.2 Correlação genética

A correlação genética refere-se à associação estatística entre as variantes genéticas de diferentes características ou fenótipos dentro de uma população. Mede até que ponto os mesmos genes ou variações genéticas influenciam duas ou mais características, indicando se há uma base genética compartilhada para as características que estão sendo estudadas (Santos, 2010; Hill, 2013).

A correlação genética é tipicamente avaliada usando técnicas como estudos de associação do genoma (GWAS) ou métodos genéticos quantitativos. No GWAS, os pesquisadores analisam um grande número de marcadores genéticos em todo o genoma para identificar conexões entre variantes genéticas específicas e características de interesse. Ao estudar os dados de uma população, os cientistas podem verificar se certas variantes genéticas mostram consistentemente associações com múltiplas características. A correlação entre duas características pode ser positiva quando ambas exibem uma tendência consistente de valores crescentes ou decrescentes. Por outro lado, a correlação pode ser negativa quando as características se movem em direções opostas, em que uma aumenta enquanto a outra diminui. A correlação fenotípica quantifica a força da associação entre essas características dentro de um indivíduo. (Santos, 2010; Resende, 2012b; Hill, 2013).

Cruz e Regazzi (2001) afirmam que compreender a associação entre as características é crucial nos esforços de melhoramento, especialmente quando a seleção de uma delas é desafiadora devido a fatores como baixa herdabilidade ou complexidades de medição. Esses métodos não apenas fornecem informações valiosas sobre a base genética compartilhada de vários fenótipos, mas também contribuem para uma compreensão mais profunda da intrincada interação entre fatores e características genéticas.

7 GENES QUE INFLUENCIAM NAS CARACTERÍSTICAS DA CARNE

7.1 Gene Halotano

Também conhecido como gene do estresse suíno, o gene halotano (Hal) originou-se a partir de uma mutação no gene que codifica a proteína receptora da rianodina tipo 1 e a sua presença no suíno é associada ao aumento do percentual de carne magra na carcaça, algo desejável no setor suinícola, porém determina a propensão desses animais ao estresse suíno, intensificando as mortes súbitas, as quais ocorrem durante a movimentação e o transporte feitos de maneira inadequada, assim como outros fatores estressantes tais quais a desmama, a mistura com outros animais, e a cafeína. Ela está muito associada ao aparecimento do tipo de carne PSE (Antunes, 1997; Fávero, 1997; Culau *et al.*, 2002; Campos *et al.*, 2014).

Os receptores de rianodina (RyR1) são canais responsáveis por liberar o cálcio do retículo sarcoplasmático, sendo estes necessários para a contração muscular. Essa contração ocorre devido ao aumento do cálcio citosólico ($[Ca^{2+}]$), fazendo com que haja interação entre as proteínas contráteis miosina e a actina. Estas são conhecidas, respectivamente, como filamentos grossos e finos e se encontram dentro do sarcômero, que é a unidade contrátil do músculo, de tal modo que os filamentos finos ficam presos às suas extremidades e, ocupando uma posição mais central, ficam os filamentos grossos. A liberação do cálcio estimula os filamentos, fazendo com que a actina deslize sobre a miosina e, assim, encurte os sarcômeros em série, realizando a contração muscular (Ferreira, 2005; Silva & Bonjardim, 2009).

A mutação do gene Hal ocasiona uma falha no canal receptor rianodina, liberando, de forma descontrolada, o cálcio do retículo sarcoplasmático no citoplasma (Popovski *et al.* 2016). Segundo Bridi (2010), animais que possuem essa alteração, sendo homozigotos recessivos, apresentam mudança no gene que codifica a proteína RyR1, onde uma base timina substitui uma base citosina, assim ocasionando a formação de um resíduo de cisteína na sequência mutante, ao invés de um resíduo de arginina. Com o aumento da concentração de Ca^{2+} no sarcoplasma, a atividade contrátil do músculo é elevada e o glicogênio é degradado mais rapidamente, levando à exacerbação do metabolismo, produção de calor e rápida produção de ácido lático e o aparecimento de PSE.

A descoberta desse defeito se iniciou na década de 1960 por um grupo multidisciplinar, os quais observaram a tendência de alguns suínos ao estresse, característica esta que foi comprovada ser herdada geneticamente. Na década de 1980, sabendo dessa característica, foi elaborado um teste com Halotano, um medicamento comumente utilizado em anestesia por inalação. Nesse experimento os suínos eram submetidos à insensibilização através desse método e classificados entre animais resistentes ao estresse e os com maior predisposição a este (Antunes, 2002).

O teste foi elaborado a partir do conhecimento de PCR-RFLP (reação em cadeia de polimerase - polimorfismos do comprimento dos fragmentos de restrição), o qual permitiu delinear cruzamentos, diferenciar três genótipos (Hal_{NN} , Hal_{Nn} e Hal_{nn}) e possibilitar estudos de frequência do gene halotano (HAL). Na década de 80 esse estudo foi aprofundado através da realização de várias pesquisas a fim de detalhar as diferenças entre os dois grupos de animais, os que resistem ao gene e os afetados, a nível bioquímico, fisiológico e genético, assim sendo possível traçar melhores estratégias de cruzamento (Fujii *et al.*, 1991; Antunes, 2002).

Os suínos recessivos para o gene halotano (Hal_{nn}), ao passarem por análises de perda de líquido, refletância e pH inicial, apresentam diversas diferenças se comparados aos animais heterozigotos (Hal_{Nn}) e homozigotos dominantes (Hal_{NN}). Algumas dessas distinções podem ser observadas ao se estudar o pH inicial e a perda de líquido por gotejamento de cada genótipo: houve um menor pH inicial, conseqüentemente uma maior perda de líquido, em suínos heterozigotos (Hal_{Nn}). Esse genótipo, juntamente com o homozigoto recessivo (Hal_{nn}), são caracterizados por uma carne pálida e com baixa retenção de água (tipo PSE), diferindo-se bastante da proveniente do genótipo homozigoto dominante (Hal_{NN}), considerada a carne normal (Lundström *et al.*, 1989; Simpson & Webb, 1989; Russo *et al.*, 1994; De Smet *et al.*, 1996 e 1998; Sather & Jones, 1996).

Segundo De Smet (1998) e Tam (1998), suínos homozigotos dominantes (Hal_{NN}) possuem carcaças com maior porcentagem de carne, quando comparados aos outros dois genótipos, porém com qualidade de carne inferior. Já em relação ao pH final, ambos afirmam não encontrar diferenças entre os três genótipos.

Campos (2014) fala sobre a exploração desse gene para fins produtivos. Ao cruzar machos heterozigotos (Hal_{Nn}) com fêmeas homozigotas livres do alelo dominante (Hal_{NN}), é gerada uma prole na qual 50% é heterozigota (Hal_{Nn}) e 50% é homozigoto dominante (Hal_{NN}). Antunes (1997) e De Smert (1998) explicam que suínos heterozigotos possuem um maior rendimento de carne, se comparado aos homozigotos, o que afeta significativamente a espessura de toucinho.

Apesar de ser bastante associado com a formação da carne PSE, Warris (1995) e Silveira (1996) atestam que o gene halotano não é o principal responsável pela incidência desse defeito. Tal afirmação é corroborada por Pommier (1993), em seu experimento onde, entre os animais que apresentaram carne tipo PSE, 67% possuíam genótipo homozigoto dominante (Hal_{NN}), 27,8% são heterozigotos (Hal_{Nn}) e 3,6% homozigotos recessivos (Hal_{nn}).

Por fim, o gene halotano é utilizado como indicador de baixa qualidade da carne e deve ser levado em consideração ao se escolher animais para serem inseridos no sistema de produção (Moelich *et al.*, 2003).

7.2 Gene Rendimento Napole

O gene do Rendimento Napole (RN), também conhecido como gene da carne ácida, é um fator bastante conhecido na indústria suinícola, por prejudicar o processamento de produtos curados e cozidos (Fávero; Figueiredo, 2009). Ele afeta músculos ricos em fibras do tipo brancas, onde o seu potencial glicolítico afeta, diretamente e de forma negativa, a capacidade de retenção de água, o que acarreta em perdas de 4 a 6% durante os processos de resfriamento (*drip loss*) e cozimento (*heat loss*), assim promovendo a diminuição do rendimento de produtos curados e cozidos, por conta do seu pH final muito ácido, e causando perdas de até 56% quando comparado com as carnes livre desse gene (Moeller *et al.*, 2003; Gariépy *et al.*, 1997).

Segundo a Embrapa (2001), as carnes resultantes do gene RN possuem diversos atributos similares às carnes com desvio PSE, porém a sua aparição só é possível ser observada ao final da etapa de resfriamento, quando o pH alcança valores muito ácidos, com 5,4 ou menos. Isso ocorre quando o desdobramento do glicogênio muscular é muito mais rápido do que em animais que não possuem esse gene, tornando a carne ácida.

O desenvolvimento da carne ácida está relacionado com a existência de animais com alto potencial glicolítico, classificados como heterozigotos ou homozigotos dominantes. Animais normais são homozigotos recessivos (Sellier, 1995; Lundström *et al.*, 1998).

A mutação dominante (RH-) do gene foi primeiramente identificada na raça Hampshire, através do teste de potencial de glicogênio, sendo provável que seu surgimento também tenha sido na mesma, e o seu aumento em frequência ocorreu principalmente por conta dos seus efeitos positivos sobre a taxa de crescimento e conteúdo de carne da carcaça (MILAN *et al.*, 2000). Estudos realizados analisaram a regularidade desse gene nas raças Hampshire e York, verificando que há uma frequência genotípica de 0,397 (RN-RN-), 0,466 (RNrn+) e 0,137 (rn+rn+) nos suínos Hampshire e, nos suínos Yorkshire, 100% deles foram identificados como homozigotos normais (rn+rn+) (Miller *et al.*, 2000).

Por bastante tempo pressupunha-se que o gene RN era um defeito encontrado somente na raça Hampshire, porém Meadus *et al.* (2000) conduziu um experimento onde detectaram a presença do gene em populações de pelagem clara, provavelmente devido a utilização de machos Hampshire na reprodução desses animais. Segundo Sellier (1995) e Moeller *et al.* (2003), o gene RN é identificado no cromossomo 15 e são diversos os prejuízos causados à qualidade da carne, como baixo pH, menor gordura intramuscular, alto índice de refletância da luz devido à sua cor pálida, maior perda por gotejamento e menor escore de marmoreio, características essas presentes na carne PSE. Entre os seus benefícios se encontram um maior rendimento de carcaça, característica semelhante ao animal portador do gene HAL, com o diferencial que, no gene RH, a queda do pH inicial não é baixa.

Por fim, devido à incidência de carne defeituosa devido ao gene RN-, como consequência do trabalho realizado por Milan *et al.* (2000), foi desenvolvido um teste de DNA, responsável por identificar suínos portadores desse gene, e assim eliminar esses animais do sistema de produção.

7.3 Gene da gordura intramuscular

A gordura intramuscular (IMF) é uma característica muito apreciada e observada pelos consumidores, pois ela afeta não só o fator aparência e maciez, como também na saúde desses, assim se tornando um elemento importante para os estudos (Silva, 2018). Esse atributo revela a sua importância em painéis sensoriais, onde as maiores pontuações são obtidas nas peças com maior gordura intramuscular (Monteiro, 2007).

Para verificar a presença de um gene de efeito principal para a IMF, foi realizado um experimento por Janss *et al.* (1997) onde suínos F2, provenientes de cruzamentos entre suínos Meishan, de origem chinesa, com animais de linhagens europeias brancas. O resultado apresentou um aumento de 2,1% de IMF no lombo de suínos homozigotos recessivos em comparação aos dominantes. Foi verificada uma manifestação mais intensa do efeito do gene quando o animal possui dois alelos recessivos, os quais apresentaram uma média de 3,9% de IMF, enquanto, nos animais heterozigotos e homozigotos negativos, a IMF estabeleceu-se em 1,8%.

Sendo essa uma característica importante para a qualidade da carne suína, Ellis (1998) afirma que o método mais eficaz de aperfeiçoar este atributo é por meio da reprodução utilizando raças com características de qualidade superior para a produção. Dentre essas raças, a Duroc é bem empregada nessa função devido à alta marmorização da carne em relação às demais raças. García (1996) e Barros (2001) citam algumas qualidades da IMF, como atuar na conservação, interferir na suculência e no sabor da carne, além de informar sobre a influência da alimentação, sexo e peso do animal no tipo de ácido graxo presente na constituição da carne.

Sendo assim, é necessário destacar que, pesquisas para verificar a presença deste gene em raças puras bastante utilizadas em cruzamentos comerciais, como a raça Duroc, ainda estão sendo realizadas, segundo Monin *et al.* (1999). Portanto, para obter um melhor controle do marmoreio da carne, testes de DNA são realizados, assim elevando a qualidade da carne suína e a tornando mais atrativa para os consumidores.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fatores genéticos desempenham um papel fundamental na determinação da qualidade e das características da carne suína. Através dos estudos e avanços na área da genética, os criadores de suínos têm a capacidade de selecionar e aprimorar linhagens com base em características desejáveis, como o marmoreio, a maciez e o rendimento de carne. Além disso, a identificação e seleção de genes relacionados à resistência a doenças contribui para garantir o bem-estar dos suínos criados para a produção de carne.

No entanto, é importante destacar que os fatores genéticos não são os únicos determinantes da qualidade da carne suína. Os fatores ambientais, como a alimentação, o manejo e as condições de criação, também desempenham um papel crucial nesse aspecto. Portanto, a integração de abordagens genéticas e práticas adequadas de manejo é essencial para obter os melhores resultados na produção de carne suína.

Em conclusão, o avanço na compreensão desses fatores oferece oportunidades para melhorar a produção, a sustentabilidade e o bem-estar dos suínos, além de atender às demandas dos consumidores por produtos de alta qualidade. A contínua pesquisa nesse campo é crucial para impulsionar a indústria suinícola em direção a práticas mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. R. **Qualidade da carne suína. 1. Efeito do gene halotano sobre a deposição de gordura intramuscular. 2. Efeito da suplementação com minerais no pré-abate.** 2011
- ANABEL, E. **Global Control of boar taint Part 3. Immunological castration.** Pig Progress, v. 22, n. 5, p. 6-9, 2006.
- ANTUNES, R. C. **O efeito do genótipo hal sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados.** 1997. 64f.
- ARAÚJO, A. P. **Manejo pré-abate E bem-estar Dos Suínos Em Frigoríficos Brasileiros.** Universidade Estadual Paulista: 2009.
- ATHAYDE, N.B. **Susceptibilidade ao estresse, desempenho e qualidade de carne de suínos de diferentes categorias de castração e níveis de ractopamina.** 2013. 91p, 2013.
- BAUER, A; LACORN, M.; DANOWSKI, K. *et al.* **Effects of immunization against GnRH on gonadotropins, the GH-IGF-I-axis and metabolic parameters in barrows.** Animal, v. 2, spp. 8, p.1215-1222, 2008.
- BERTOL, T. M. **ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS para melhoria da qualidade da carne suína.** Brasília: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1116205/1/final8892.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- BISPO, L. C. D. *et al.* **Bem-estar e manejo pré-abate de suínos: revisão.** Pubvet, v. 10, p. 795- 872, 2016.
- BONNEAU, M. **Use the Entire Males for Pig Meat in the European Union.** Meat Science, v. 49, n. 1, p. 257-272, 1998.
- BONNEAU, M.; SQUIRES, E.J. **Uso de machos inteiros na produção de suínos.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. Anais... Concórdia, 2000. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_bonneau_pt.pdf. Acesso em: 13 jul. 2022.
- BONNEAU, M.; TERQUI, M. **A note on the metabolism of 5 alpha-androst-16-en-3- one in the young boar in vivo.** Reproduction, nutrition, development 23, 899-905. 1983.
- Bridi, Ana Maria. **Importância dos Aspectos Físicos e Químicos na Qualidade da Carne.** 2010, <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Aspectos.pdf>.
- CALDARA, Fabiana Ribeiro *et al.* **Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE.** Revista brasileira de saúde e produção animal, Salvador, v. 13, ed. 3, p. 815-824, julho/setembro 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/bHbXYwGp6f79NL6cvpBs8wL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2022.
- CAMPOS, D. I. **Desempenho, qualidade de carcaça e de carne em suínos Large White de linhagens distintas.** 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

CAMPOS, P.F. *et al.* **Impactos da seleção genética na qualidade da carne suína.** PUBVET, Londrina, V. 8, N. 2, Ed. 251, Art. 1659, janeiro, 2014.

CANHOS, D.A. L; DIAS, E.L. **Tecnologia de Carne Bovina e Produtos Derivados.** Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia - FTPT. 440P, 1983.

CARDELLINO, R. A., ROVIRA, J. **Mejoramento genético animal.** Montevideo. Hemisfério Sur, 1987. 253p.

COSTA *et al.* **Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas** Ciência Rural, v.39, n.3, mai-jun, 2009. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.3, p.852-858, mai-jun, 2009.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 2001.

CULAU, P. O. V. *et al.* **Influência do Gene Halotano sobre a Qualidade da Carne Suína.** Revista Brasileira de Zootecnia, p. 954–961, 2002.

De SMET, M.S.; PAUWELS, H.; De BIE, S., *et al.* **Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slaughter pigs.** Journal of Animal Science, Champaign, v.74, n.8, p.1854-1863, 1996.

De SMET, S.; BLOEMEN, H.; VOORDE, G., *et al.* **Meat and carcass quality in two pigs lines of different stress-susceptibility genotypes and their crosses.** Animal Science, Barking, v.66, n.2, p.441-447, 1998.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. **Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. - Concórdia: Embrapa Suínos e Aves,** 2001.253p.; (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 69).

EMBRAPA GADO DE CORTE. Noções de ciência da carne. In: EMBRAPA. Noções de Ciências da Carne. 20--?. Disponível em: <https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc77/03nocoescarne.html#3.4.1>. Acesso em: 5 dez. 2022

EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. da S.; FONSECA, W. J. L.; CAVALCANTE, D. H. **Parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Tabapuã.** Medicina Veterinária (UFRPE), [S. l.], v. 13, n. 3, p. 454–463, 2020. DOI: 10.26605/medvet-v13n3-3310. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/3310>. Acesso em: 28 jul. 2023.

FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. 1nd ed. Longman, London, U.K, 1981.

FARIA, R. F. Estudo da carne DFD (dark, firm and dry) em suínos. In: CURSO DE ORIGEM E INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. Andradina- SP, 2008. p. 1-34.

FÁVERO, J.A., COUTINHO, L.L., IRGANG, R.; COSTA, C.N.; SARALEGUI, W.H.L. **Influência do gene Halotano sobre o desempenho produtivo de suínos.** In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 7. 1997, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ABRAVES, p. 395-396,1997.

FÁVERO, Jerônimo Antônio; FIGUEIREDO, Elsie Antonio Pereira de. **Evolução do**

melhoramento genético de suínos no Brasil. Revista Ceres, p. 420-427, julho/agosto 2009.

FERREIRA, Alice Teixeira. **Fisiologia da Contração Muscular.** Revista Neurociências, v. 13, ed. 3, p. 60-62, julho/setembro 2005.

FERREIRA, Kaliana; BERTOLINI, Luísa; ZUCCHI, Maria Imaculada; KONZEN, Enéas Ricardo. **Como determinar a herdabilidade para um caráter quantitativo.** 2. ed. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Genética, 2022. v. 17.

GARIÉPY, C., RIENDEAU, L., PETTIGREW, D. **Assessment of ham quality.** 1997. NSIF HOME PAGE. Web page, 2000.

GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. **Medida del pH.** In: CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. (Ed.) Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en ruminantes. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, p.147-155. 2000. Disponível em: 36. Acesso em: 25 de abril. 2020.

GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. Medida del pH. In: CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. (Ed.) **Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en ruminantes.** Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, p.147-155. 2000. Disponível em: 36 . Acesso em: 25 de abril. 2020.

= Genética e Bioquímica) – Instituto de Genética e Bioquímica. Universidade Federal

GOMES, S. B. **Avaliação da Qualidade Física- Química de Tilápia Congelada comercializada em Divinópolis.** 2017. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) -Centro Universitário de Formiga -UNIFOR- MG, Formiga, 2017.

HANSEN, B. C. and LEWIS, A. J. **Effects of dietary protein concentration (corn: soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows and gilts: mathematical description.** Journal of Animal Science 71, 2122–2132, 1993.

HILL, W. G. **Genetic Correlation.** Separata de: BRENNER’S Encyclopedia of Genetics. 2. ed. , 2013. v. 3, p. 237-239.

HOPKINS, D. L.; TOOHEY, E. S.; KERR, M. J.; VAN DE VEN, R. **Comparison of two instruments (G2 Tenderometer and a Lloyd Texture analyser) for measuring the shear force of cooked meat.** Animal Production Science, v. 51, 2011.

INDICADORES IBGE Estatística da Produção Pecuária. jan-mar 2022.

Janss LLG, Arendonk JAM van & Braskamp, EW **Bayesian statistical analysis for presence of single genes affecting meat quality traits in a crossbred pig population.** Genetics, 145:395- 408, 1997.

JAROS, P., Burgi, E.; STARK, K. D. C; CLAUS, R.; HENESSY, D.; THUN, R. **Effect of active immunization against GnRH on androstenona concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs.** Livestock Production Science, v. 92, p. 31-38, 2005.

LI, Tao; ZHANG, Jianxun; SUN, Quan. **Texture Feature Extraction and Classification of Pork Loin Ultrasonography Images.** Advanced Materials Research, 2013.

LIU, Yi-Xiang; CAO, Min-Jie; LIU, Guang-Ming. **Texture analyzers for food quality evaluation.** Separata de: EVALUATION Technologies for Food Quality. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2019. cap. 17, p. 441-463.

LOPES, P. S. *et al.* **Seleção. Teoria do melhoramento animal.** Belo Horizonte. Editora FEPMVZ. Cap. 3, p. 49-81. 2005

LUNSDTRÖM, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; RUNDGREN, M., *et al.* **Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and its relationship with meat quality: a within-litter comparison.** Meat Science, Barking, v.25, p.251-263, 1989.

MARCON, A.V. **Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate.** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.

MARCON, A.V. **Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate.** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.

Meadus, WJ MacInnis R & Aalhus JL **Alberta pork tests positive for the “acid meat” phenotype.** 2000.

Miller KD, Ellis M & McKeith FK **Frequency of the Rendement Napole RN allele in a population of American Hampshire pigs.** Journal Animal Science, 78: 1811-1815, 2000.

MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; LEEDS, T. D.; EMNETT, R. S.; IRVIN, K. M. **Rendement Napole gene effects and a comparison of glycolytic potential and DNA genotyping for classification of Rendement Napole status in Hampshire-sired pigs.** Journal of Animal Science v.81, p.402-410, 2003.

Monin G, Larzul PR, Culioli J, Mourot J, Rousset-Akrim S, Talmant A, Touraille C and Sellier P **Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork.** Journal of Animal Science 77:408-415, 1999

MONTEIRO, J. M. C. **Desempenho, composição da carcaça e características de qualidade da carne de suínos de diferentes genótipos.** 2007. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal - São Paulo, 2007.

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

NUNES, Teresa Chorense NUNES; OLIVEIRA, Fabrício Singaretti de OLIVEIRA; GAMÓN, Thaís Helena Martins; GUASTALLI, Bruno Henrique Lopes GUASTALLI; CARMO, Lígia Grisólia do; DEL QUIQUI, Erci Marcos. **Análise da textura de músculos peitorais submetidos à fixação e conservação em álcool.** Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science, v. 48, ed. 6, p. 464-467, 2011.

OLIVER, W. T., MCCAULEY, I., HARRELL, R. J., SUSTER, D., KERTON, D. J., & DUNSHEA, F. R. **A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group housed boars and gilts.** Journal of Animal Science, v. 81, p. 1959-1966, 2003.

OSÓRIO, J. C. S; ASTIZ, C.S; OSÓRIO, M. T. M; ALFRANCA, I. S. **Produção de Carne Ovina, Alternativa para o Rio Grande do Sul.** Editora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.166p.

OURIQUE, J.M.R. **Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade da carne suína.** Porto Alegre, 1989. 104 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia – Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

PATTERSON, R.S. **5 α -androst-16-en-3-one: compound responsible for boar taint in boar fat**. Journal of Science Food and Agriculture., vol 19, p. 31, 1968.

PAVAN, MG., MONTEIRO, FA. **Técnicas moleculares aplicadas à sistemática e ao controle vetorial**. In: GALVÃO, C., org. Vetores da doença de chagas no Brasil [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 241-260. Zoologia: guias e manuais de identificação series. ISBN 978-85-98203-09-6. Available from SciELO Books .

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte, FEPMVZ Editora, 2004, 609 p.

PEREIRA, L. A. **Estudo Comparativo de Técnica de Determinação da Força de Cisalhamento de Carne**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

PFIZER SAÚDE ANIMAL; **Pfizer Lança Vacina Para Castração Imunológica de Suínos**. Notícias - Suinocultura. s.l.: 2007; Disponível em: <
http://pt.engormix.com/MASuinocultura/noticias/pfizer-lanca-vacinacastracao_10600.htm >

PIRES, Aldrin Vieira *et al.* **Estimação de Parâmetros Genéticos de Características Reprodutivas em Suínos**. Revista brasileira de Zootecnia, v. 29, ed. 6, p. 1698-1705, 2000.

POMMIER, S.A.; HOUDE, A. **Effect of the genotype for malignant hyperthermia as determined by a restriction endonuclease assay on the quality characteristics of commercial pork loins**. Journal of Animal Science, v.71, n.2, p.420-425, 1993.

POPOVSKI, Z.T. *et al.* **Association of biochemical changes and material traits with mutation 1843 (C>T) in the RYR1 gene as a common cause for porcine stress syndrome**. Balkan Journal of medical genetics, Skopje, 19. ed., p. 75 - 80, 2016.

PRUNIER, A.; BONNEAU M.; VON BORELL, E.H. *et al.* **A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods**. Animal Welfare. v.15, p. 277-289, 2006.

RASHID, AINUR NALISA ABD; KORMIN, FARIDAH; ASMAN, SALIZA. **Quality analysis of meats using ftir spectroscopy, color spectrophotometer, texture analyzer and physical image analysis**. Journal of Sustainability Science and Management, v. 16, ed. 1, p. 103-119, janeiro 2021.

RESENDE, M. D. V. de; SILVA, F. F. e; LOPES, P. S.; AZEVEDO, C. F. A. **Seleção genômica ampla (GWS) via modelos mistos (REML/BLUP), inferência bayesiana (MCMC), regressão aleatória multivariada e estatística espacial**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.16 n.30; p. 2019 581 Viçosa, MG: UFV, 2012b. 291 p.

ROÇA, R. O. **Modificações post-mortem**. Universidade Estadual Paulista: jan. 2009b.

ROÇA, R. O. **Propriedades da Carne**. 2009. Disponível em:
<<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca107.pdf>>.

ROSA, A. F.; GOMES, J.D.F.; MARTELLI, M.R. *et al.* **Qualidade da carne de suínos de três linhagens genéticas comerciais em diferentes pesos de abate**. Ciência Rural, Santa

Maria, v.38, n.5, p.1394-1401, 2008.

RÜBENSAM, J. M. **Transformações post mortem e qualidade da carne suína.** 2000. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_jane_pt.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2021.

RUSSO, V., NANNI, C.L., DALL'OLIO, S. **Effect of the halothane gene in heterozygote pigs on ham meat quality.** In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40, 1994, The Hague. Abstracts... The Hague: ICoMST, 1994. p.45.

SAINZ, Roberto Daniel; ARAUJO, Fabiano Rodrigues da Cunha. **Uso de tecnologias de ultra-som no melhoramento do produto final carne.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., 2002, Uberaba, MG. Anais [...], 2002.

SANTOS, Glaucyana Gouvêa Dos. **Avaliação da trajetória genética e da sensibilidade dos valores genéticos às mudanças do nível nutricional da dieta em dois grupos de codornas de corte.** Orientador: Martinho de Almeida e Silva. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SANTOS, R.K.S.; CALDARA, F.R.; MOI, M.; SANTOS, L.S.; NÄÄS, I.A.; FOPPA, L.; GARCIA, R.G.; BORQUIS, R.R.A. **Behavior of immunocastrated pigs.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.45, n.9, p.540-545, 2016.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. DA. **Características da Carne Suína.**, 25 ago. 2007. Disponível em: <http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf>.

SATHER, A.P., JONES, S.D.M. **The effect of genotype on feedlot performance, carcass composition, and lean meat quality from commercial pigs.** Canadian Journal of Animal Science, Ottawa, v.76, n.4, p.507-516, 1996.

SILVA, Flavia Teixeira; BONJARDIM, Leonardo Rigoldi. **CONTRAÇÃO MUSCULAR.** In: QUINTANS JÚNIOR, Lucindo José; SANTOS, Márcio Roberto Viana dos; SILVA, Flavia Teixeira; BONJARDIM, Leonardo Rigoldi. Fisiologia Básica. São Cristóvão/SE., 2009. cap. 5, p. 111-124.

SILVA, J. I. G. **Genes de importância econômica em suínos para melhoramento das características da carne.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ: 2018.

SILVA, Leandro Magno Dornelas e. **Análise De Fatores E Estimção De Parâmetros Genéticos Para Características De Carcaça E Qualidade De Carne Em Suínos De Uma Linhagem Comercial.** 2022. Dissertação (Mestrado em Genética) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, VIÇOSA - MINAS GERAIS, 2022. DOI <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.258>. Acesso em: 2 jul. 2023.

SILVEIRA, E.T.F. **Impacto da qualidade na industrialização da carne suína.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 2., 1996, Campinas. Anais.... Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.99-122.1996.

SIMONI, V.; ROQUE-SPECHT, V. F. **Avaliação da Capacidade de Retenção de Água em carne de Frango com diferentes valores de pH.** 2009. Disponível em: <https://www.uces.br/ucs/tpIJoVensPesquisadores2006/pesquisa/jovenspesquisadores2006/trabalhos_pdf/exatas/viviansimoni.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

- SIMPSON, S.P., WEBB, A.J. **Growth and carcass performance of British landrace pigs heterozygous at the halothane locus**. *Animal Production*, Edinburgh, v.49, n.3, p.503-509, 1989.
- SOBESTIANSKY, J; WENTS, I; SILVEIRA, P.R.S; SESTI, L.A.C. **Suinocultura Intensiva**. 1. Ed. Brasília: Embrapa, 2003. 388p.
- TAM, L.G., BERG, E.P., GERRARD, D.E. **Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin antioxidation**. *Meat Science*, Barking, v.49, n.1, p.41-53, 1998.
- TEIRA, G. A.; TINOIS, E.; LOTUFO, R. de A.; FELÍCIO, P. E. de. **Digital-image analysis to predict weight and yields of boneless subprimal beef cuts**. *Scientia Agricola*, v. 60, n. 2, p. 403-408, 2003. DOI: 10.1590/S0103-90162003000200028. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/sa/article/view/21862>. Acesso em: 3 jul. 2023.
- TERRA, N. N.; FRIES, L.L.M. **A qualidade da carne suína e sua industrialização**. In: Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína. 2000. p. 1-5.
- THUN, R.; GAJEWSKI, Z.; JANETT, F.F. **Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues**. *Journal of Physiology and Pharmacology*, v.57 Suppl 8, p.189-194, 2006.
- TONIETTI, André Palermo. **Avaliações do desempenho zootécnico, qualidade da carcaça e carne em suíno macho inteiro imunocastrado**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **PDS Online: Livestock and Poultry**. 12 de julho de 2022. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 20 de julho de 2023.
- VON BORELL, E.; BAUMGARTNER, J.; GIERSING M.; JAGGIN, N.; PRUNIER A.; TUYTTENS F.A.M.; EDWARDS, S.A. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal*, v.3, n.11, p 1488–1496, 2009.
- WARRISS, P. New developments in He preslaughter handling **of pigs**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 1., 1995, Campinas. Anais ... Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 81-107, 1995.
- XUE, J.L.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E. **Performance, carcass and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review**. *Swine Health Prod.*, 1997.
- ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H.K.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTROM, K. **Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (improvac) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs**. *Reproduction in domestic animals*, v.43, p.351-359, 2008.
- ZHOU, G. H., XU, X. L., & LIU, Y. (2010). **Preservation Technologies for Fresh Meat – A review**. *Meat Science*, 2010. 86(1), 119- 128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci>, 2010.