

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

THAYSE MICHELLY DUARTE

**FATORES QUE INFLUENCIAM A INCIDÊNCIA DE MIOPATIAS PEITORAIS EM
FRANGOS DE CORTE**

Rio Verde – GO

2025

THAYSE MICHELLY DUARTE

**FATORES QUE INFLUENCIAM A INCIDÊNCIA DE MIOPATIAS PEITORAIS EM
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Favareto
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo F. de Oliveira

Rio Verde – GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

D812f Duarte, Thayse Michelly
Fatores que influenciam a incidência de miopatias peitorais em
frangos de corte / Thayse Michelly Duarte. Rio Verde 2026.
47f. il.
Orientador: Prof. Dr. Rogério Favareto.
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Fortunato de Oliveira.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0233074 - Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos -
Rio Verde (Campus Rio Verde).
1. Avicultura. 2. Qualidade de carne. 3. Miopatia Peitoral
Profunda. 4. Spaghetti Meat. 5. Wooden Breast. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**FATORES QUE INFLUENCIAM A INCIDÊNCIA DE MIOPATIAS PEITORAIS EM FRANGOS
DE CORTE**

Autora: Thayse Michelly Duarte
Orientador: Rogério Favareto

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos

APROVADA em 03 de outubro de 2025.

Dra. Geovana Rocha Plácido
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dr. Erik Alonso Villegas Cayllahua
Avaliador externo
Unesp

Dr. Rodrigo Fortunato de Oliveira
Avaliador externo
UEMASUL

Dr. Rogério Favareto
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rogério Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 03/10/2025 17:00:51.
- **Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 03/10/2025 17:05:52.
- **Erick Alonso Villegas Cayllahua, Erick Alonso Villegas Cayllahua - Professor Avaliador de Banca - Campus de Jaboticabal- Fac Ciencias Agr e Veterinarias (48031918001287)**, em 06/10/2025 09:05:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/10/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 750413

Código de Autenticação: b8a9fd2419



Documento assinado digitalmente
RODRIGO FORTUNATO DE OLIVEIRA
Data: 10/11/2025 20:26:34-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☒ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Thayse Michelly Duarte

Matrícula:
2023102330740005

Título do trabalho:

FATORES QUE INFLUENCIAM A INCIDÊNCIA DE MIOPATIAS PEITORAIS EM FRANGOS DE CORTE

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 21/02/2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

Local

21/02/2026

Data

Thayse Michelly Duarte

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
ROGERIO FAVARETO
Data: 26/02/2026 11:56:06-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por me conceder forças e sabedoria para alcançar meus objetivos.

A minha mãe Maria do Carmo Vieira Duarte, pela dedicação intensa ao longo desta trajetória, proporcionando todo amor e motivação.

A minha irmã Gabriela Stefani Duarte, por sempre estar ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Ao meu Noivo, Nagliston Ferreira Cabral, pelo apoio e incentivo constantes.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogerio Favareto, pelo auxílio, dedicação e paciência.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Rodrigo F. de Oliveira, pela disposição em esclarecer minhas dúvidas e pelo apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do programa de pós-graduação, que contribuíram significativamente para a minha formação e para a obtenção do título de mestre.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pelo suporte concedido durante essa jornada.

BIOGRAFIA

Thayse Michelly Duarte, Goiás, nasceu em 9 de setembro de 1994. Graduiu-se em Medicina Veterinária pela Faculdade Federal de Goiás – Campus Jataí e Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (2013-2019) e especializou-se em Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos, entre 2020 e 2022 pela faculdade Qualittas, atua na indústria alimentícia, no ramo frigorífico. Em 2023, ingressou no Mestrado em Tecnologia de Alimentos no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

RESUMO

DUARTE, THAYSE MICHELLY. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2025. **Fatores que influenciam a incidência de miopatias peitorais em frangos de corte.** Orientador: Dr. Rogério Favareto. Coorientador: Rodrigo Fortunato de Oliveira.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a importância das variáveis produtivas, ambientais e relacionadas à incidência de miopatias na variabilidade total do sistema de produção de frangos de corte, bem como analisar as relações entre esses conjuntos de variáveis e os efeitos do mês do ano, sexo, linhagem genética e sistema de criação sobre a ocorrência de miopatias musculares, especificamente a Miopatia Peitoral Profunda (MPP) e as miopatias emergentes, Wooden Breast (WB) e Spaghetti Meat (SM). A pesquisa foi conduzida em um frigorífico com inspeção federal localizado na região Sudoeste de Goiás, entre setembro e dezembro de 2024, totalizando a análise de 6.182 cargas, correspondendo a aproximadamente 27,8 milhões de aves com peso médio entre 2,5 e 3,84 kg, idade média de 36 a 42 dias e até 12 aves por gaiola. As variáveis estudadas incluíram gênero, linhagem, densidade (kg/m^2), sistema de criação, distância da granja ao abatedouro e condições meteorológicas. Os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA) e ao teste de Tukey. Os resultados indicaram que a variabilidade do sistema de produção de frangos de corte foi predominantemente explicada por variáveis ambientais, seguidas por fatores associados à incidência de miopatias musculares e, em menor magnitude, por características produtivas e operacionais. A análise de componentes principais evidenciou que os primeiros componentes concentraram a maior parte da variância total, destacando a influência de variáveis climáticas, como temperatura, umidade, vento e precipitação, além das miopatias MPP, WB e SM. De forma complementar, o teste de Tukey revelou diferenças significativas nas perdas por miopatias em função do mês do ano, da linhagem genética e do sistema de criação, com maiores valores observados no mês de dezembro, na linhagem ROSS (A) e no sistema Dark House, enquanto o sexo exerceu influência secundária. Esses resultados demonstram a atuação conjunta de fatores ambientais, produtivos e de manejo na ocorrência das miopatias musculares em frangos de corte.

Palavras-chave: avicultura; Miopatia Peitoral Profunda; qualidade de carne; Spaghetti Meat; Wooden Breast.

ABSTRACT

DUARTE, THAYSE MICHELLY. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, September 2025. **Factors influencing the incidence of pectoral myopathies in broiler chickens.** Advisor: Dr. Rogério Favareto. Co-advisor: Rodrigo Fortunato de Oliveira.

This study aimed to evaluate the importance of productive, environmental, and myopathy-related variables in the overall variability of broiler production systems, as well as to analyze the relationships between these sets of variables and the effects of the month of the year, sex, genetic lineage, and rearing system on the occurrence of muscle myopathies, specifically Deep Pectoral Myopathy (DPM) and emerging myopathies, Wooden Breast (WB) and Spaghetti Meat (SM). The research was conducted at a federally inspected slaughterhouse located in the Southwest region of Goiás, between September and December 2024, totaling the analysis of 6,182 loads, corresponding to approximately 27.8 million birds with an average weight between 2.5 and 3.84 kg, an average age of 36 to 42 days, and up to 12 birds per cage. The variables studied included gender, lineage, density (kg/m^2), rearing system, distance from the farm to the slaughterhouse, and weather conditions. The data were subjected to Principal Component Analysis (PCA) and Tukey's test. The results indicated that the variability of the broiler production system was predominantly explained by environmental variables, followed by factors associated with the incidence of muscle myopathies and, to a lesser extent, by productive and operational characteristics. The principal component analysis showed that the first components concentrated most of the total variance, highlighting the influence of climatic variables such as temperature, humidity, wind, and precipitation, in addition to MPP, WB, and SM myopathies. Complementarily, Tukey's test revealed significant differences in losses due to myopathies as a function of the month of the year, genetic lineage, and rearing system, with higher values observed in December, in the ROSS (A) lineage and in the Dark House system, while sex exerted a secondary influence. These results demonstrate the combined action of environmental, productive, and management factors in the occurrence of muscle myopathies in broilers.

Keywords: Deep Pectoral Myopathy; meat quality; poultry farming; Spaghetti Meat; Wooden Breast.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização anatômica do músculo <i>pectoralis major</i> (1) Supracoracoideus (2), úmero (3), esterno (4) e clavícula (5)	5
Figura 2	Imagens fotográficas dos músculos de frangos de corte adultos apresentando diferentes graus da MPP	8
Figura 3	Histomicrografia de um filé de peito afetado por MPP	10
Figura 4	Músculo <i>pectoralis major</i> normal (A), acometido pelo grau moderado (B) e severo (C) da miopatia WB em frango de corte da linhagem Cobb	11
Figura 5	Fotomicrografias de seções histológicas transversais do músculo <i>pectoralis major</i> de frangos de corte acometidos por WB	12
Figura 6	Histomicrografia do músculo do peito afetado por WB	13
Figura 7	Classificação da miopatia SM	14
Figura 8	Histomicrografia do músculo do peito afetado pela SM	15
Figura 9	Classificação e separação dos peitos com miopatia	19
Figura 10	Demonstração dos tipos de miopatia classificados: A – MPP grau 3; B – WB grau 3; C – SM grau 3.	20
Figura 11	Biplot obtidos para o primeiro e o segundo componente	24
Figura 12	Biplots obtidos para o terceiro e o quarto componente	26
Figura 13	Biplots obtidos para o quinto e o sexto componente	27
Figura 14	Correlação das variáveis	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Alterações dos componentes centesimais de filés de peito de frango de corte acometidos pelas alterações musculares MPP, WB e WM em comparação aos peitos normais.	17
Tabela 2	Correlação das variáveis com os componentes, autovalores e variâncias.	23
Tabela 3	Teste de comparação múltipla de Tukey, para as perdas associadas às miopatias MPP, WB e SM, em função das variáveis mês, sexo, linhagem e sistema de criação.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína animal
MPP	Miopatia Peitoral Profunda
Pamadeirado	Peito amadeirado
Pespagete	Peito espagete
Pmiopatia	Peito miopatia peitoral profunda
SM	Spaghetti Meat
Tcomp	Temperatura Média compensada
Tespera	Tempo de espera
Tmáx	Temperatura máxima
Tmín	Temperatura mínima
URmedia	Umidade relativa média
URmín	Umidade relativa mínima
WB	Wooden Breast

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISAO DE LITERATURA.....	3
3.1 AVICULTURA E GENÉTICA.....	3
3.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO MÚSCULO <i>PECTORALIS MAJOR</i>	4
3.3 ALTERAÇÕES NO MÚSCULO <i>PECTORALIS MAJOR</i>	6
3.3.1 Miopatia Peitoral Profunda.....	6
3.3.1.1 Alterações histopatológicas na MPP	8
3.3.2 Wooden Breast.....	9
3.3.2.1 Alterações histopatológicas na miopatia WB.....	11
3.3.3 Spaghetti Meat	13
3.3.3.1 Alterações histopatológicas na miopatia SM.....	14
3.4 PERDAS ECONÔMICAS	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1 COLETA DE MATERIAL	18
4.2 PARCELA EXPERIMENTAL	18
4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS MIOPATIA	19
4.4 ANÁLISE DE MIOPATIA POR GÊNERO	19
4.5 ANÁLISE DE MIOPATIA POR LINHAGEM.....	20
4.6 ANÁLISE DE MIOPATIA POR DISTÂNCIA.....	21
4.7 ANÁLISE DE MIOPATIA POR SISTEMA DE CRIAÇÃO	21
4.8 ANÁLISE DE MIOPATIA POR CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	21
4.9 ANÁLISE DE MIOPATIA POR KG/M ²	21
4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO.....	33
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira, um dos maiores setores da produção agropecuária do país, exporta para diversos mercados desenvolvidos que exigem elevado padrão de qualidade e segurança alimentar (Coelho; Domingues; Silva, 2021), recebendo destaque global nos últimos anos pelo seu contínuo crescimento e expansão. Segundo o relatório anual de 2025 da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o país produziu 14,972 milhões de toneladas de carne de frango e exportou 5.295 milhões de toneladas no ano de 2024, o que significou aumento de 0,93% e 3%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Dessa forma, o Brasil lidera o ranking mundial como primeiro maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango no mundo. O consumo da carne de frango também aumentou significativamente ao longo dos últimos 10 anos. De acordo com dados da ABPA (2025) no ano de 2014 o consumo per capita de carne de frango era de 42,8 kg por habitante ao ano, passando para 45,5 kg por habitante em 2024.

Em razão dessa relevância econômica, há uma crescente demanda por alimentos seguros e de alta qualidade, o que levou o setor avícola a adotar maior rigor em todas as etapas do processo produtivo, buscando minimizar danos que possam comprometer o produto final. Para atender a essas exigências, o melhoramento genético priorizou aves com crescimento acelerado e maior rendimento muscular (Petracci et al., 2015).

A alta demanda do mercado e a crescente procura por carne de frango, culminaram em processos intensivos de criação voltados à obtenção de estirpes de alto desempenho, o que levou a melhorias nas práticas nutricionais, sanitárias e ambientais. No geral, essas linhagens modernas exibem rápido crescimento corporal e desenvolvimento muscular, particularmente no peito, com aumento estimado de 5% do seu rendimento nas últimas décadas (Dalle Zotte et al., 2020). Segundo Rutz et al. (2017), de 80% a 85% da melhora do desempenho é resultado de melhoramento genético, no qual a seleção de linhagens promoveu o desenvolvimento muscular com o dobro de fibras e com maiores diâmetros quando comparado a linhagens tradicionais. O rendimento do peito aumentou em 79% nos machos e 85% nas fêmeas entre os anos de 1957 e 2005, evidenciando a forte pressão genética seletiva (Zuidhof et al., 2014).

Contudo, o melhoramento genético intensivo e o crescimento muscular acelerado também contribuíram para o aparecimento de alterações fisiológicas relacionadas a distúrbios metabólicos que afetaram a estrutura e os mecanismos de reparo tecidual do músculo *pectoralis major*,

favoreceram o surgimento de miopatias emergentes como Wooden Breast (WB) e Spaghetti Meat (SM), (Peixoto, 2016; Oliveira, 2019). A etiologia das miopatias emergentes é considerada multifatorial, abrangendo alterações decorrentes da hipertrofia muscular acelerada, insuficiência vascular, estresse oxidativo, inflamação crônica, alterações no metabolismo energético (Kuttappan; Hargis; Owens, 2016; Soglia et al., 2016; Papah et al., 2018; Sihvo et al., 2018). Revisões recentes, como as de Barbut (2019) e Petracci et al (2019), sugerem que o desenvolvimento de WB e SM envolve alterações na oxigenação tecidual, remodelação da matriz extracelular, acúmulo de lipídios e processos inflamatórios persistentes.

A miopatia WB é caracterizada pela consistência endurecida da carne, semelhante à textura de madeira (Brambila et al., 2018), enquanto a SM se manifesta pela perda da integridade estrutural do filé, frequentemente associada à presença de estrias brancas (Baldi et al., 2018; Sirri et al., 2016), resultando em rejeição pelos consumidores e perdas econômicas significativas. O estresse celular e a hipóxia muscular são apontados como principais fatores desencadeantes dessas alterações (Baldi; Soglia; Petracci, 2021). De acordo com Cayllahua (2020), a WB compromete tanto a aparência quanto o rendimento da carne, enquanto a SM afeta a composição, especialmente no teor proteico (Tasoniero et al., 2020). Ainda que a carne afetada possa ser utilizada em produtos processados, compreender os efeitos dessas miopatias é essencial para reduzir perdas e aprimorar a qualidade final do produto.

Outra miopatia de relevância para a indústria avícola é a Miopatia Peitoral Profunda (MPP), tradicionalmente reconhecida como uma miopatia clássica, descrita há várias décadas. Sua fisiopatologia é caracterizada por uma isquemia aguda do músculo supracoracoideus (sassami), secundária ao aumento abrupto da atividade muscular, como movimentos de esforço, tentativas vigorosas de voo ou luta entre aves (Kuttim; Alexander, 2003). Por estarem confinados entre o músculo *pectoralis major* e estruturas ósseas, esses músculos sofrem aumento da pressão interna, redução da oxigenação e limitação do relaxamento (Stangierski et al., 2019). Como resultado da redução do suporte sanguíneo no tecido muscular ocorre a degeneração, necrose e atrofia de um ou ambos os músculos (Kijowski et al., 2014). Essa condição representa um importante problema de qualidade nas linhas de abate, sendo identificada apenas após a desossa, o que causa prejuízos à indústria e confusão com hematomas decorrentes de manejo ou transporte (Paschoal, 2013).

A alta prevalência dessas miopatias em sistemas de produção intensiva ocorre justamente pela combinação de seleção genética, crescimento rápido, demandas metabólicas intensas e

possíveis fatores ambientais. Embora avanços tenham sido feitos, ainda existem lacunas importantes, especialmente no entendimento da interação entre genética, nutrição e ambiência. A presença crescente dessas lesões musculares reforça a necessidade de pesquisas que explorem estratégias de manejo capazes de reduzir sua ocorrência.

2 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a importância das variáveis produtivas, ambientais e relacionadas à incidência de miopatias, considerando sua contribuição para a variabilidade total do conjunto de dados na produção de frangos de corte. Adicionalmente, buscou-se analisar as relações entre esses conjuntos de variáveis, bem como os efeitos de fatores produtivos, ambientais e de manejo, incluindo mês do ano, sexo, linhagem genética e sistema de criação, sobre a incidência dessas miopatias.

3 REVISAO DE LITERATURA

3.1 AVICULTURA E GENÉTICA

Nas duas últimas décadas, dentre os produtos de origem animal, o consumo de carne de frango teve aumento notável, pelo fato de ser uma proteína animal de baixo custo, com grande variabilidade na forma de preparo, bem como, propriedades nutricionais e dietéticas vantajosas em relação às carnes de outras espécies e alegações de saúde por ser uma carne branca (Wideman; O'bryan; Randall, 2016). Além disso, a produção e consumo de carne de frango estão em conformidade com a maioria dos princípios religiosos e culturais existentes (Tallentire; Leinonen; Kyriazakis, 2018; Petracci et al., 2019).

Segundo Compassion in Food Business (2019), o consumo global de carne de aves ultrapassou 120 milhões de toneladas, sendo que China e Estados Unidos juntos representam cerca de 16% do total cada. Para atender esta crescente demanda, a intensa seleção genética e cuidados no manejo dos animais têm contribuído para melhores índices zootécnicos (Tickle et al., 2014).

A criação de frangos de corte tornou-se altamente eficiente e produtiva nas últimas décadas graças ao melhoramento genético aliado aos avanços na nutrição e na saúde, além da produção em instalações que proporcionam condições de conforto e bem-estar animal. Esses fatores relacionados, contribuem para a seleção genética de linhagens comerciais que proporcionem aos

frangos de corte desenvolvimento de carcaça mais rapidamente, aumento de massa muscular e rendimento de carcaça e de cortes, especialmente do peito, corte nobre e comercialmente valorizável (Tumelero; Boiago, 2023). De acordo com Zuidhof et al. (2014), entre 1957 e 2005, a taxa de crescimento de frangos de corte aumentou mais de 400%.

Yalcin et al. (2018) investigou os efeitos da indução da MMP em frangos de corte de linhagens comerciais de crescimento rápido e lento. A indução foi realizada por meio de estimulação das asas, o que resultou em alterações morfológicas e moleculares no músculo *pectoralis major*. As aves afetadas apresentaram aumento na área das fibras musculares, acompanhado de modificações na expressão de genes relacionados a processos fisiológicos essenciais. Observou-se superexpressão de VEGFA (angiogênese), ACTA1 (contração muscular) e ATP2A1 (transporte de cálcio), enquanto o gene MYLK2 apresentou regulação negativa, principalmente nas aves de crescimento lento. Esses achados sugerem que a predisposição genética, associada a mecanismos de resposta à hipóxia e ao estresse muscular, desempenha papel determinante no desenvolvimento da MMP em frangos de corte.

Pesquisas recentes mostram que o rápido avanço genético para maximizar o crescimento e o rendimento de peito altera profundamente o metabolismo muscular das aves. Estudos metabolômicos revelam que as miopatias SM e WB estão associadas a desequilíbrios no metabolismo lipídico e de homeostase celular. A seleção voltada para o crescimento acelerado tem sido associada à alteração da expressão de genes relacionados a miopatia WB, ligados à hipóxia (PLOD2), ao metabolismo energético (FABP3, FABP4, CD36 e LPL), ao estresse do retículo endoplasmático, à regeneração do tecido muscular (CSRP3) e à mudança no padrão de fibras musculares (ANKRD1). Além disso, evidências fisiológicas e moleculares indicam que a seleção intensiva para ganho de peso favorece condições que sobrecarregam o músculo *pectoralis major*, contribuindo para a instalação e agravamento dessas lesões (Choi et al., 2024; Emambu et al., 2023).

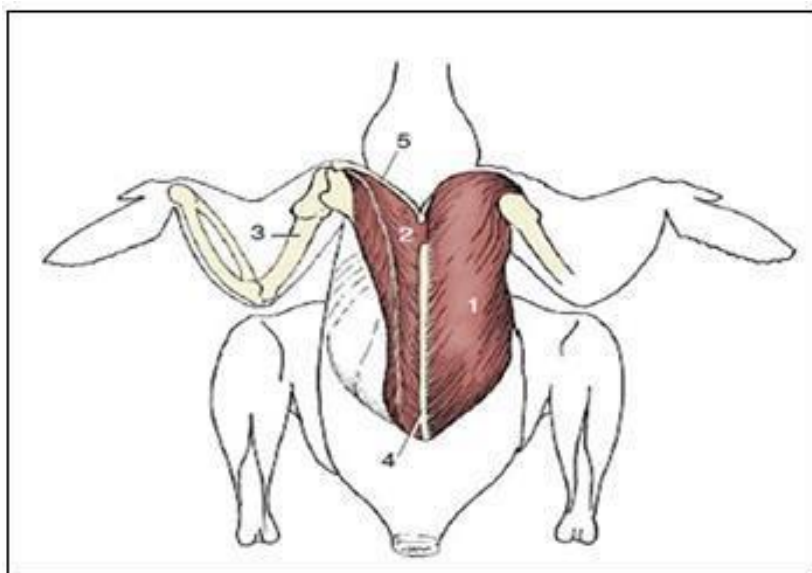
3.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO MÚSCULO *PECTORALIS MAJOR*

A estrutura muscular das aves é caracterizada pela formação de feixes de fibras musculares. O número de fibras em um feixe varia de 50 a 300 e seu tamanho também é variável. Cada fibra muscular é separada por uma camada de tecido conjuntivo chamada endomísio, e os feixes de fibras musculares são separados por uma camada de tecido conjuntivo chamada perimísio. As conexões

entre as camadas endomisial, perimisial e epimisial fornecem suporte estrutural aos músculos. As alterações que ocorrem na estrutura morfológica do músculo podem afetar a qualidade da carne porque refletem a morfologia e estrutura biológica do músculo (Velleman, 2015).

Conforme descrito por Dyce et al. (2004), o peitoral é um músculo superficial bem desenvolvido, originado na quilha do esterno e clavícula, seguindo para a superfície ventral do tubérculo dorsal do úmero conforme está demonstrado na figura 1. O músculo peitoral é dividido em três porções: porção torácica, propatagial e abdominal.

Figura 1 - Localização anatômica do músculo *pectoralis major* (1), supracoracoideus (2), úmero (3), esterno (4) e clavícula (5).



Fonte: Dyce et al., (2004).

O músculo *pectoralis major* é o principal responsável pela força do movimento rítmico do bater de asas coordenado, sendo caracterizado como músculo de rápida contração, fibras tipo II. Apresenta como a maioria dos músculos as proteínas de contração actina e miosina além de proteínas associadas, conferindo ao músculo na sua totalidade uma aparência estriada (Dyce et al., 2004).

As melhorias nas taxas de crescimento muscular estão associadas à muitas implicações importantes na qualidade da carne obtida. Além de estarem relacionadas com modificações histológicas e bioquímicas dos tecidos musculares que levam a diferentes tipos de miopatias (Bailey et al., 2015).

3.3 ALTERAÇÕES NO MÚSCULO *PECTORALIS MAJOR*

As alterações patológicas que acometem a musculatura das aves são conhecidas como miopatias. A primeira miopatia descrita foi a necrose do músculo peitoral profundo, relatada em perus e frangos e que pode ser reproduzida por meio da estimulação do batimento das asas (Siller; Wight; Martindale, 1978). Mais recentemente, novas condições emergentes, como a WB, têm sido relatadas em frangos de corte (Bailey et al., 2015). Do ponto de vista macroscópico, a WB apresenta-se como uma carne endurecida, pálida e rígida, podendo, em casos mais avançados, exibir exsudato (Barbut, 2019). Outra miopatia emergente é a SM, na qual a musculatura apresenta fibras soltas e facilmente destacáveis, conferindo um aspecto semelhante ao de “massa de espaguete”, o que compromete a aparência e reduz a aceitação comercial do produto (Baldi; Soglia; Petracci, 2021).

Apesar de ainda desconhecida a etiologia das miopatias, estudos mostram que o crescimento acelerado dos frangos é a provável causa (Trocino et al., 2015; Dalle Zotte et al., 2017; Sihvo et al., 2017; Livingston et al., 2019). Petracci et al. (2015), relataram que o rápido crescimento do músculo peitoral provoca alterações no metabolismo muscular levando à degeneração. Segundo Petracci, Soglia e Berri (2017), como o tecido conjuntivo do perimísio e do endomísio não aumentam de tamanho, o crescimento muscular excessivo causará hipóxia por falta de espaço no tecido conjuntivo, levando ao metabolismo anaeróbio facilitando para defeitos no metabolismo muscular, a limitação do espaço para os capilares é a causa da redução da quantidade de ácido láctico eliminado dos pelos músculos, prejudicando a função das fibras, criando condições para o aparecimento de lesões e levando a distúrbios homeostáticos.

Apesar da ausência de lesões graves, peitos normais geralmente são afetados por alterações musculares leves (degeneração muscular e infiltração de gordura), o que indica que lesões musculares são comuns em frangos de corte (Russo et al., 2015). Dentre as principais alterações musculares emergentes, destacam-se as miopatias peitorais WB e SM.

3.3.1 Miopatia Peitoral Profunda

A MPP foi uma das primeiras miopatias descritas em aves, inicialmente relatada em perus por Harper et al. (1975) e, posteriormente, também identificada em frangos de corte (Richardson

et al., 1980). Essa condição caracteriza-se por necrose isquêmica do músculo supracoracoideus, (sassami), decorrente de esforço excessivo (Pattison et al, 1998).

A contração dos peitorais superficiais e profundos é responsável pelos movimentos para cima e para baixo das asas, respectivamente. Durante a contração, estes músculos se expandem com o aumento do fornecimento de sangue (ou seja, o bombeamento muscular). A expansão de até 25% do volume do músculo peitoral profundo é problemática, uma vez que esse músculo fica confinado em um “compartimento apertado” entre um osso (o esterno) e o filé grande do peito. (Aviagen, 2023).

O supracoracoideus é o principal responsável pelo movimento de elevação das asas e apresenta particularidades anatômicas que o tornam altamente suscetível à lesão. Esse músculo encontra-se envolvido por uma fáscia rígida e inelástica e localizado em um compartimento restrito próximo ao esterno, o que impede sua expansão adequada durante o aumento do fluxo sanguíneo associado ao esforço. Como resultado, a elevação do volume muscular gera aumento da pressão intramuscular, levando à compressão das vias de retorno venoso e ao desenvolvimento de uma síndrome compartimental (Siller; Wight; Martindale, 1978; Wight; Siller, 1980). A isquemia subsequente desencadeia necrose rápida das fibras musculares e dos eritrócitos locais, produzindo hemorragias e, em seguida, uma coloração esverdeada característica — fenômeno que deu origem ao nome popular “doença do músculo verde” (Bianchi et al., 2006).

Os músculos peitorais de frangos de corte são constituídos predominantemente por fibras musculares brancas, de metabolismo glicolítico e anaeróbico, o que os torna altamente suscetíveis ao estresse isquêmico. A perda da homeostase celular e a ruptura da integridade da membrana das fibras musculares desencadeiam uma resposta inflamatória e regenerativa rápida no tecido (Mitchell; Sandercock, 2007).

Os músculos peitorais afetados por esse processo podem apresentar alterações localizadas ou difusas na qualidade organoléptica — incluindo modificações de cor, textura, composição (Petracci; Cavani, 2011; Bilgili 2016) e estrutura muscular (Yalcin et al., 2018). Vale destacar que o aumento indesejável da dureza muscular decorrente da necrose avançada pode ser observado não apenas no músculo peitoral profundo, mas também no peitoral superficial. Estes últimos tornam-se menos sensíveis, menos elásticos e apresentam alterações físico-químicas distintas quando comparados aos músculos peitorais sem MPP (Kijowski; Konstańczak, 2009).

Segundo Yalcin et al. (2018), a MPP pode ser dividida em três estágios como mostra na figura 2: estágio hemorrágico agudo inicial (pontuação 1, MPP brando), músculo peitoral menor rosa-claro com lesões circundadas por um anel hemorrágico claro (pontuação 2, MPP moderado) e tecido muscular danificado com aparência esverdeada (pontuação 3, MPP grave). Essa miopatia altera a aparência da carne, e a parte afetada deve ser removida antes do consumo humano (Giampietro-Ganeco et al., 2021). Como a carne do peito é a parte mais lucrativa dos frangos de corte, as miopatias desordenadas e outras miopatias desafiam a indústria avícola, provocando perdas econômicas consideráveis (Petracci; Cavani, 2011).

Figura 2 – Imagens fotográficas dos músculos de frangos de corte adultos apresentando diferentes graus da MPP. Da esquerda para a direita: Pontuação 1- Estágio hemorrágico agudo inicial; Pontuação 2 - Músculo peitoral menor rosa-claro com lesões circundadas por um anel hemorrágico claro; Pontuação 3 – Tecido muscular danificado com aparência esverdeada.



Fonte: adaptado (Bilgili e Hess 2008; Yalcin et al., 2018).

3.3.1.1 Alterações histopatológicas na MPP

Microscopicamente, as fibras musculares necróticas apresentam-se anucleadas, destituídas de células inflamatórias e circundadas por uma cápsula fibrosa (Wight e Siller, 1980). Os vasos sanguíneos presentes no interior do tecido contêm núcleos de eritrócitos lisados. Ao redor do tecido, pode ser observada reação inflamatória com heterófilos, macrófagos e células gigantes, e no músculo adjacente à área necrosada as fibras podem estar atrofiadas ou então substituídas por tecido adiposo. O músculo também pode apresentar lesões vasculares características de trombose, proliferação da túnica íntima e formação de aneurisma (Crespo e Shivaprasad, 2013). Segundo Pastuszczak, Uradziński e Rotkiewicz (2002), foi possível notar alterações semelhantes no músculo peitoral superficial, entretanto, menos intensas do que as ocorridas no músculo supracoracóideo.

No estudo realizado Kawasaki et al., (2025) o músculo supracoracoideus estava circundado por tecido gelatinoso espesso e sofreu necrose coagulativa. O músculo era composto por miofibras de formato normal, mas o exame histológico com coloração AZAN revelou uma coloração roxo-azulada uniforme, em vez das miofibras normais, geralmente coradas em tom rosa-avermelhado. No entanto, núcleos foram encontrados nessas fibras musculares. Miofibras finas estavam esparsamente distribuídas dentro do tecido fibroso espessado e foram coradas predominantemente rosa-avermelhado. As áreas que se estendiam da aponeurose à fáscia eram significativamente mais espessas e continham tecido fibroso desordenado. Nesses tecidos fibrosos, células epitelioides fusiformes ou polimórficas, com cromatina grosseira e núcleos grandes, estavam dispersas ou agrupadas entre as fibras de colágeno, bem como numerosos capilares incompletos com formas irregulares e ramificações proeminentes. Nos grandes vasos sanguíneos adjacentes ao tecido muscular necrótico, observou-se proliferação capilar mixoide nas paredes internas, e alguns vasos sanguíneos apresentaram calcificação nas paredes vasculares. Nas regiões periféricas do músculo tecido em necrose coagulativa, macrófagos infiltraram o citoplasma das miofibras necróticas ou das células gigantes poligonais que as circundam.

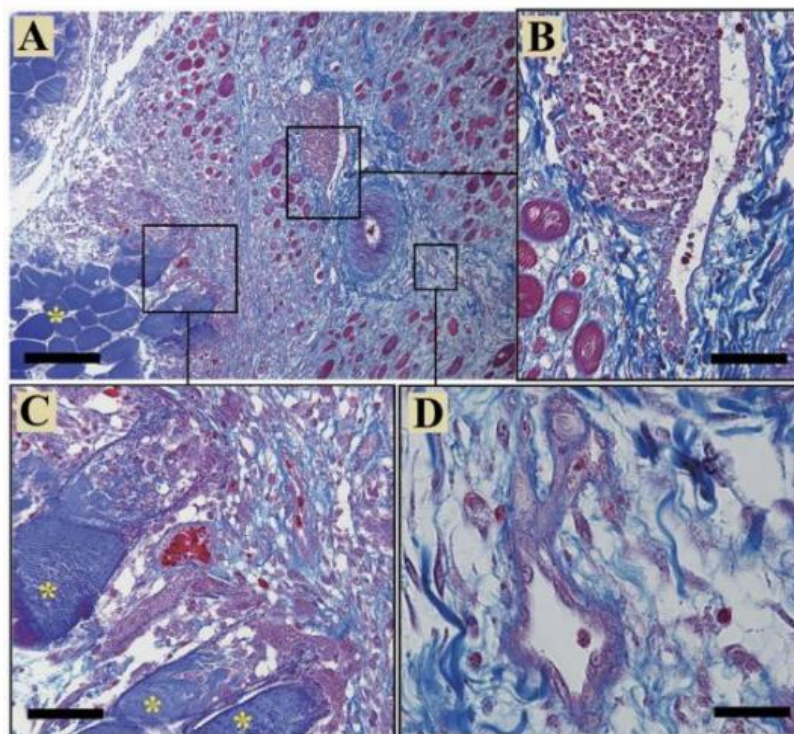
Fibrose significativa foi observada na área distal do tecido muscular necrótico, com finas miofibras incrustadas e dispersas em tecido fibroso. Nas áreas fibróticas, células mononucleares linfóides infiltraram-se e formaram nódulos ao longo dos vasos sanguíneos venosos, juntamente com numerosos capilares incompletos com ramificação irregular (Figura 3).

3.3.2 Wooden Breast

Descrita como peito amadeirado (woody) ou de madeira (wooden), a miopatia WB é identificada pela consistência dura semelhante a uma textura de madeira (Brambila et al., 2018) e foi descrita como alteração de caráter expansivo com áreas pálidas de significativa dureza e pontos hemorrágicos no músculo do peito de frangos de corte (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014).

Identificada após o abate de forma manual, através da detecção palpatória (Tijare et al., 2016), a miopatia WB apresenta aspectos endurecidos difusos ou em áreas focais, além de serem pálidas podem estar cobertas com uma fina camada de material viscoso, claro ou levemente turvo e com várias petéquias ou pequenas hemorragias distribuídas multifocalmente (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014).

Figura 3 - Histomicrografia de um filé de peito afetado por MPP. (A) Área mostrando intensa fagocitose de tecido muscular necrótico coagulativo (*). (B) Infiltração de células mononucleares linfoides nodulares ao lado de vasos sanguíneos venosos em áreas fibróticas. (C) Múltiplos macrófagos no citoplasma de miofibras necróticas (*) e células gigantes multinucleadas circundantes. (D) Numerosos capilares pleomórficos com proliferação multirramificada em áreas fibróticas.



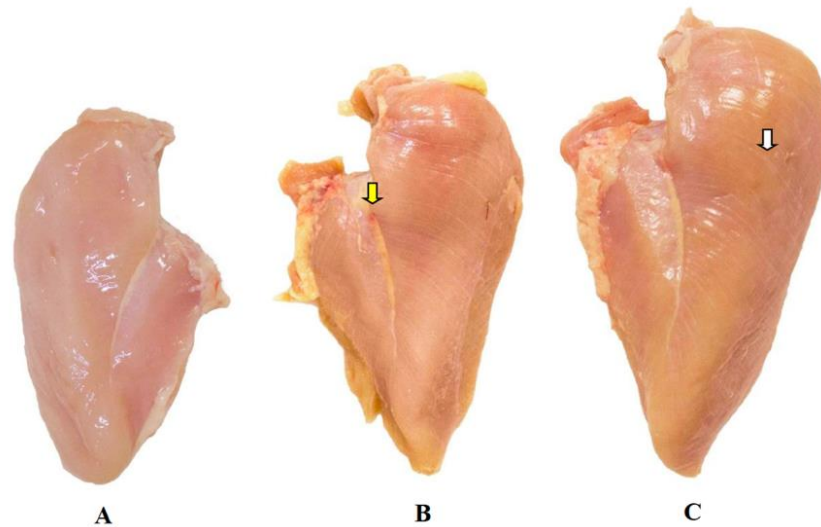
Fonte: Kawasaki et al. (2025)

Sihvo et al. (2017), estudando sobre miopatias do peito amadeirado classificou grau 1 (peito normal macroscopicamente não afetado por WB e possuindo consistência normal), grau 2 (peito moderado, possuindo consistência dura e afetada por WB, na área cranial apresenta cor pálida e menor grau de estrias brancas), grau 3 (peito severo, pálido no musculo inteiro e apresenta várias estrias brancas, possuindo consistência endurecida).

Outra classificação descrita por Oliveira (2019) considera o grau acometimento da miopatia como moderado (dureza apenas na região cranial ou na região caudal do filé de peito; severo (dureza em toda a extensão do filé de peito) e normal (ausência de miopatia) como observado na Figura 4.

Mudalal et al. (2015), sugerem que frangos de corte acometidos com WB apresentam o músculo peitoral até 30% maior que frangos de corte não acometidos pela miopatia. Os autores sugerem que o aumento da miofibrila limita o espaçamento endomisial e perimisial disponível para os capilares existentes na região dificultando o suprimento de sangue na região do músculo *pectoralis major* levando aos danos nas fibras musculares como petéquias. Segundo Trocino et al. (2015), modificações genéticas, no gênero e na dieta surgem como os principais aspectos que podem afetar a manifestação da condição WB em frangos de corte. A aparência visual do filé torna-se indesejável para o consumidor. A redução proteica, culminando com a diminuição da capacidade de retenção de água, reduzem o rendimento e formas de processamento na indústria (Mazzoni et al., 2015).

Figura 4 - Músculo *pectoralis major* normal (A), acometido pelo grau moderado (B) e severo (C) da miopatia WB em frango de corte da linhagem Cobb. Observam-se estriações esbranquiçadas no quadrante superior da peça muscular (seta branca) bem como regiões avermelhadas (petéquias) e endurecidas na porção média e inferior do músculo (setas amarelas).



Fonte: Oliveira (2019).

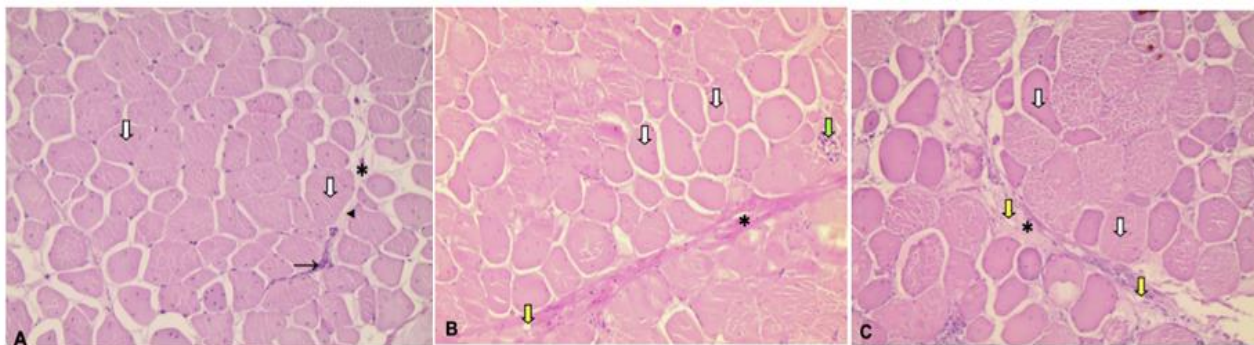
3.3.2.1 Alterações histopatológicas na miopatia WB

A análise histopatológica conduzida por Oliveira (2019) evidenciou relativa homogeneidade do tamanho das fibras musculares normocoradas e poligonais, nos grupos de

frangos de corte com músculos peitorais sem alterações (Figura 5 A). Tanto os graus moderados quanto os severos acometidos por WB são caracterizados pela perda da morfologia poligonal das fibras musculares (Figuras 5B e 5C). O grau moderado apresenta fibras de tamanhos diferentes e aumento da espessura do tecido conjuntivo intersticial. Há um ligeiro aumento no número de células de gordura. Também são observadas fibras degenerativas infiltradas por células inflamatórias, principalmente macrófagos e heterófilos (Figura 5 B). O perímio também é observado com infiltrados inflamatórios (Figura 5 C).

Esses resultados também estão em concordância com os estudos de Sihvo, Immonen e Puolanne (2014), em que corte histológico do músculo afetado com WB revelou miofibras de diâmetro variável e desprovidas de sua característica forma poligonal. A degeneração e necrose multifocais foram caracterizadas por fibras amorfas hipereosinofílicas fragmentadas e separadas ou substituído por tecido conjuntivo frouxo ou mais organizado.

Figura 5 - Fotomicrografias de seções histológicas transversais do músculo *pectoralis major* de frangos de corte acometidos por WB. A: Normal. Matriz extracelular (cabeça de seta); fibroblastos (seta negra). B: Aspecto moderado do peito de madeira. Fibra muscular degenerada infiltrada por células inflamatórias (seta verde). C: Aspecto severo do peito de madeira. Fibra muscular (seta branca), perímio (*), adipócitos (setas amarelas).



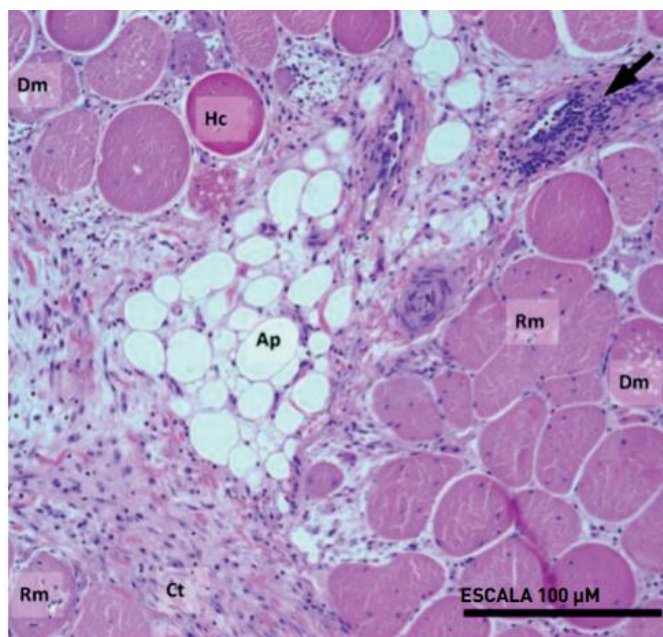
Fonte: Oliveira (2019).

Em estudo conduzido por Bailey et al. (2015), a análise histológica também mostra degeneração ativa e regeneração das fibras musculares, e infiltração de células imunes com aumento da deposição de tecido adiposo e conjuntivo (Figura 6).

Segundo Soglia et al. (2016), a miodegeneração muscular presente nas fibras do músculo peitoral com esta miopatia pode ser um efeito indireto na diminuição do teor de proteína na carne.

Desta forma, o corte com esta miopatia apresenta menor valor nutricional com aumento no teor de lipídeos e diminuição no teor proteico.

Figura 6 - Histomicrografia do músculo do peito afetado por WB. As características da imagem incluem fibras musculares degeneradas (Dm), fibras regeneradoras (Rm), tecido adiposo (Ap), fibras hipercontracionadas (Hc), aumento do tecido conjuntivo (Ct) e infiltração celular (flecha).



Fonte: Bailey et al., (2015).

3.3.3 Spaghetti Meat

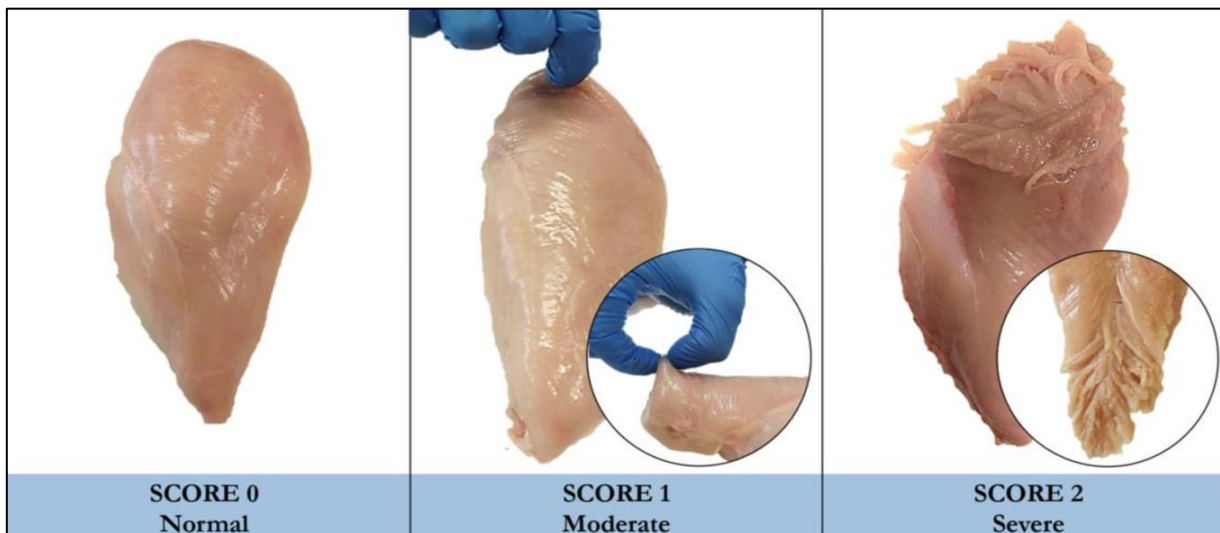
Outra miopatia que vem sendo relatada na indústria é o peito espaguete, assim denominado de acordo com sua semelhança com a massa espaguete (Baldi et al., 2018). Essa alteração é caracterizada pela perda de integridade das fibras musculares do peito, tornando-as friáveis e dessa forma ocorre perda de tecido muscular (Barbut, 2019). Relatado pela primeira vez em 2015 com o nome de “peito mole” e descrito como uma miopatia que causa a perda da integridade muscular do músculo *pectoralis major* de frangos de crescimento rápido (Bilgili, 2017).

Esta condição, é caracterizada pela perda estrutural do tecido conjuntivo e da integridade do músculo peitoral, levando à friabilidade e afrouxamento das fibras musculares. Os frangos de corte são jovens enquanto se desenvolvem e seus tecidos conjuntivos não têm a maturidade (ligações cruzadas) dos animais adultos, motivo pelo qual a carne dos animais jovens é tenra. Após

o processamento, os feixes de fibras podem se separar e o músculo pode ser facilmente puxado com a mão (Aviagen, 2023).

Como a gravidade do defeito SM pode ser variável, Sirri et al. (2016) propuseram um critério de classificação baseado em uma escala de três pontuações, conforme demonstrado na figura 7. De fato, dependendo da pontuação de gravidade, a ocorrência de SM pode ser detectada palpavelmente, devido à estrutura macia e fibrosa percebida ao beliscar o músculo em sua superfície, ou visualmente, devido às lacerações superficiais expandidas.

Figura 7 – Classificação da miopatia SM. Score 0 – O músculo *pectoralis major* apresenta consistência normal e não apresenta nenhum sinal de lesão muscular. Score 1- O músculo *pectoralis major* não apresenta nenhuma laceração superficial evidente, mas exibe textura macia e fibrosa, perceptível ao beliscar o músculo em sua superfície cranial. Score 2 – O músculo *pectoralis major* apresenta extensas lacerações superficiais em sua superfície cranial e/ou caudal. Os feixes de fibras musculares separam-se uns dos outros, assemelhado-se a um macarrão espaguete.



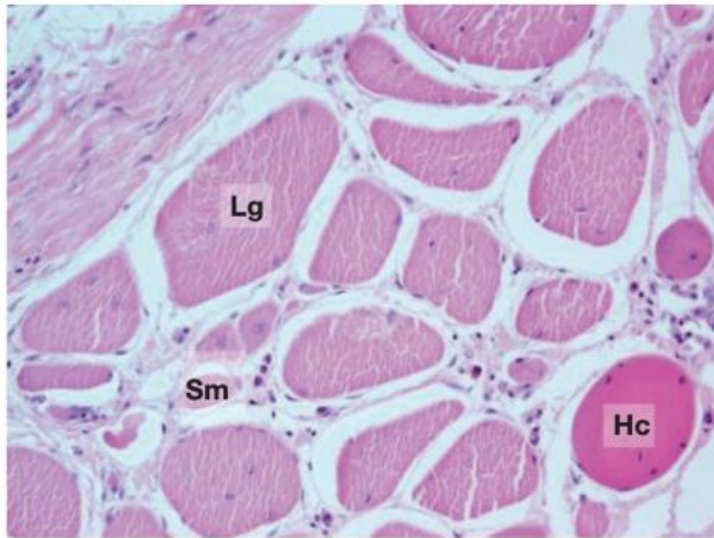
Fonte: Baldi; Soglia; Petracci, (2021)

3.3.3.1 Alterações histopatológicas na miopatia SM

Histologicamente, o músculo parece desorganizado em termos de estrutura, com uma mistura de fibras musculares muito pequenas e outras muito grandes (Figura 8). Há evidências de fibras musculares hipercontraídas e degeneração e regeneração ativas das fibras musculares,

embora isso seja menos acentuado em comparação com o WB. Essa condição não é tão bem compreendida quanto o WB. (Aviagen, 2023).

Figura 8 – Histomicrografia do músculo do peito afetado pela SM. Entre as características do músculo estão as fibras musculares grandes (Lg) e as pequenas (Sm), juntamente com as fibras hipercontraídas (Hc).



Fonte: Aviagen, (2023).

A característica microscópica distintiva da condição SM é a rarefação progressiva do tecido conjuntivo endomisial e perimisial, que provavelmente leva ao desprendimento das fibras musculares umas das outras (Baldi et al., 2018). Além disso, observações histológicas destacaram a presença de fibras pequenas e finas, intercaladas por tecido conjuntivo imaturo/recém-depositado (Baldi et al., 2018; Sanden et al., 2021). A presença dessas fibras, distinguidas por uma área transversal notavelmente reduzida, sugere o curso de processos regenerativos ocorrendo no músculo, como um mecanismo de resposta natural à necrose celular (Mazzoni et al., 2020). No entanto, uma fase diferente de regeneração celular pode ser hipotetizada ao comparar a imunorreatividade das amostras de SM à vimentina, sugerindo uma progressão diferente dos processos regenerativos (Soglia et al., 2020). Um estudo recente também investigou a distribuição do colágeno tipo III e seu precursor (ou seja, procolágeno tipo III) em amostras de SM, uma vez que, estando envolvidos na fibrilogênese, sua possível deposição alterada pode ter um papel fundamental na ocorrência de anormalidades musculares. Nesse sentido, as descobertas destacaram

uma imunorreatividade alterada ao procolágeno tipo III em amostras de SM, sugerindo um comprometimento da renovação e síntese de colágeno (Mazzoni et al., 2020).

3.4 PERDAS ECONÔMICAS

Não há evidências científicas da presença de agentes infecciosos, tais como bactérias ou parasitas em músculos de frangos de corte acometidos com as alterações musculares (Sihvo et al., 2014; Bailey et al., 2015), demonstrando não se tratar de um problema de saúde pública.

Devido às características de pior qualidade e aparência, o destino dos músculos afetados com o grau mais severo dessas anomalias é muitas vezes limitado pela indústria de carne de aves (Groff-Urayama et al., 2018), redirecionando sua utilização para produção de produtos processados, como empanados, marinados e embutidos (Petracci et al., 2015; Baldi et al., 2018).

As orientações oficiais do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), repassadas aos Serviços de Inspeção Federal (SIF), definem a classificação, caracterização e destinação sanitária das principais miopatias encontradas em frangos de corte. As regras baseiam-se no Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, nos ofícios circulares do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), subordinado à Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), especialmente o Ofício-Circular nº 17/2019 e no Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020.

Considerando sua localização anatômica, a MPP não é visualizada nas linhas de abate, sendo detectada na sala de cortes. As porções sem lesões podem ser comercializadas como carne in natura e os casos extremos e o produto do refile (i.e., lesões) deverão ser destinados como matéria-prima para produção de produtos não comestíveis (condenação), conforme o Ofício nº 17/2019.

Para miopatia WB leve, com menos de 40% de lesões no tecido, sem presença de petéquias e endurecimento parcial da peça, o fluxo de processos segue normal, podendo ser comercializados como carne in natura na forma em que se apresenta. Na condição moderada, com 40% a 80% de lesões no tecido, com possível presença de petéquias e endurecimento integral da peça, as carcaças seguem o fluxo normal, com remoção das lesões aparentes; a parte íntegra pode ser comercializada como carne in natura, enquanto o refile (i.e., lesões) é destinado à industrialização como matéria-prima. No grau severo, com mais de 80% de lesões distribuídas no tecido, com presença de hemorragias e fluido amarelado, toda a parte afetada deverá ser direcionada para produção de produtos não comestíveis (Santos e Ribeiro, 2021).

A destinação industrial da SM a parte afetada deverá ser destinada para matéria-prima para industrialização, desde que não haja indícios de processos infecciosos, com base no Art. 175, § 1º, do Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020.

Porém, a utilização dessa matéria-prima para processamento pode levar à redução da eficiência industrial devido à perda de retenção de água, emulsificação, perdas por cozimento, entre outros fatores, conforme resumido por Petracci et al. (2019), Ferreira (2023) e Cavalcanti (2021) como mostra na tabela (Tabela 1), com impacto negativo na rentabilidade econômica do processo produtivo, bem como na padronização das propriedades físico-químicas dos produtos.

TABELA 1 - Alterações dos componentes centesimais de filés de peito de frango de corte acometidos pelas alterações musculares MPP, WB e SM em comparação aos peitos normais.

ALTERAÇÕES MUSCULARES			
VARIÁVEIS	MPP	WB	SM
UMIDADE	Menor	Maior	Menor
PROTEÍNA	Sem efeito	Menor	Menor
LIPÍDEOS	Maior	Maior	Maior
CINZAS	Sem efeito	Menor	Sem efeito
COLÁGENO	Sem efeito	Menor	Maior

Fonte: adaptado de Petracci et al., (2019), Ferreira (2023) e Cavalcanti (2021)

Há poucos dados no Brasil sobre essas perdas econômicas, contudo, em estudo feito por Zanetti et al. (2018), durante um período de cerca de quatro meses, em um frigorífico de aves no estado do Rio Grande do Sul, sob supervisão federal, com abate médio de 260 mil aves por dia, estimaram que as perdas financeiras devido a condenações por miopatias, especialmente WB, ultrapassaram R\$ 215.000,00 entre janeiro e abril de 2016, resultando em um prejuízo anual de aproximadamente R\$ 645.000,00. De acordo com o trabalho apresentado por Corazza et al. (2017), essas perdas se devem à falta de aproveitamento integral dessa matéria-prima, pois além da

expurgação dos peitos acometidos por essas miopatias, as carcaças dessas aves não são comercializadas como frangos inteiros. A miopatia do tipo WB é responsável por aproximadamente 1% das condenações em matadouros, um desperdício inaceitável.

As miopatias do músculo peitoral têm causado perdas econômicas relevantes para a indústria avícola. Petracci et al (2019) apontam que anomalias como WS e WB resultam em forte desvalorização comercial dos cortes, reduzindo a aceitabilidade pelos consumidores e o rendimento industrial. De forma semelhante, Barbut (2019) destaca que o prejuízo médio é de mais de US\$500 milhões por ano para a indústria dos Estados Unidos da América, considerando-se descarte, reclassificação e diminuição do valor agregado. Esse impacto financeiro reflete não apenas prejuízos diretos para produtores e processadores, mas também pressiona a cadeia produtiva a investir em pesquisa genética, nutricional e de manejo, a fim de minimizar a incidência dessas anomalias.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA DE MATERIAL

Este estudo foi realizado em um frigorífico com sistema de inspeção federal situado na microrregião sudoeste de Goiás, parte da região centro oeste do Brasil. Foram analisados todos os dados numéricos de miopatias ocorridas e registradas no período entre setembro a dezembro de 2024. Os peitos foram coletados e avaliados após todo o fluxo de abate iniciando pela pendura dos frangos em seguida, insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, inspeção federal, chiller, sala de cortes por último na mesa de classificação de peitos onde foi realizada a separação e coleta dos filés com presença de miopatia.

4.2 PARCELA EXPERIMENTAL

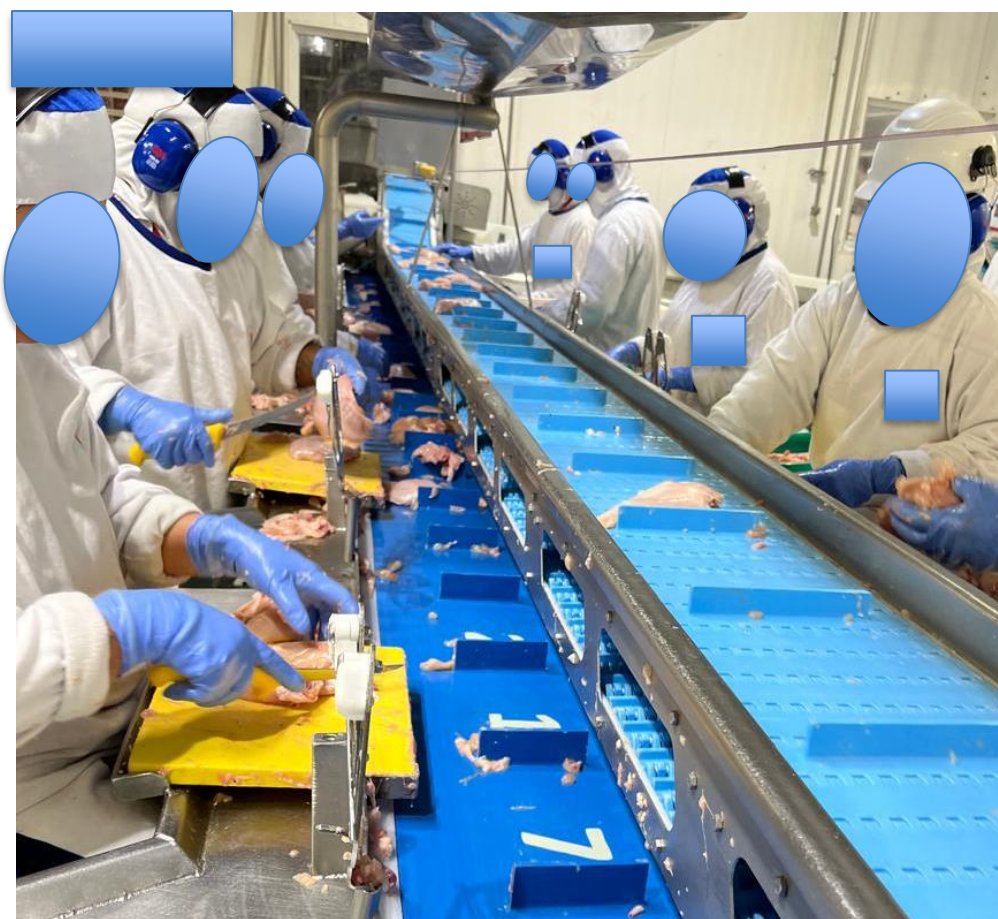
No total foram analisadas 6.182 cargas com média de 4.500 aves totalizando 27.819.000 aves com peso médio de 2,500 kg a 3,840 kg, variando entre 6 a 12 aves por gaiola, com tempo de espera de 0 a 6 horas e idade que variou entre 36 a 42 dias. A análise da data de abate, quantidade de cabeças abatidas, peso médio, idade de abate, quantidade de aves por gaiola, horário de entrada do caminhão, tempo de espera foram realizadas através de levantamento de dados dos seguintes

documentos utilizados pela empresa: Ficha de acompanhamento dos lotes (FAL), Boletim sanitário do lote, programação diária de abate e ordem de apanha e controle de entrada da balança.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS MIOPATIA

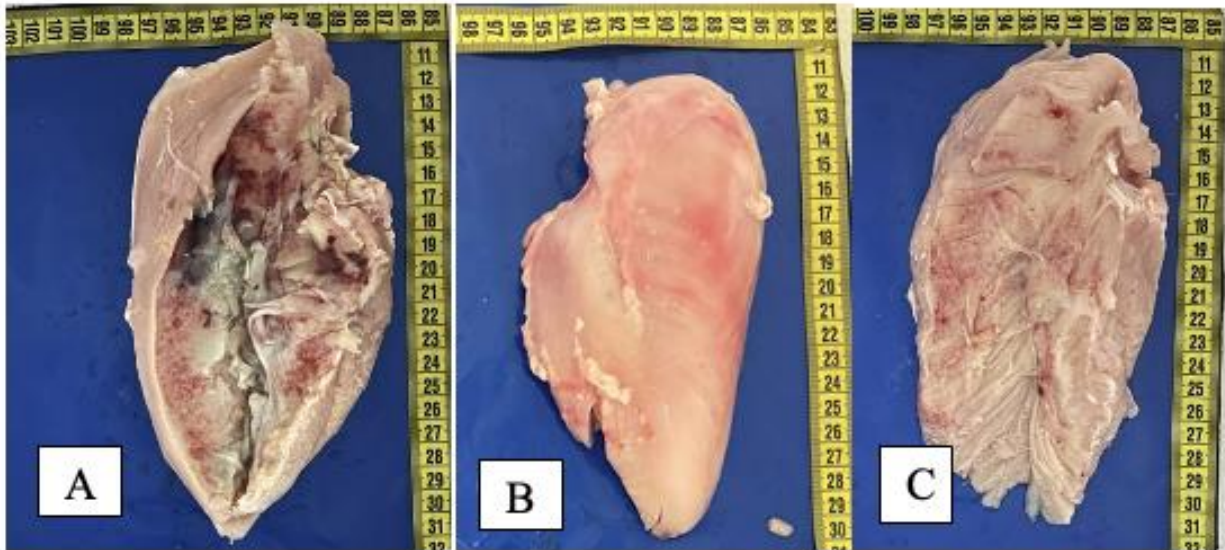
A seleção e classificação de filés de frango com MPP, WB e SM foram realizados após o resfriamento e corte das carcaças, sendo realizado nas mesas de refile e classificação na sala de cortes representado na figura 9. Foram realizados por colaboradores treinados da linha de produção, através de avaliação visual e tátil. Os filés acometidos como mostra a figura 10, foram separados e contabilizados durante o período do experimento. A classificação foi feita com base nos aspectos descritos por Yalcin para MPP, por Oliveira para WB e por Sirri para SM.

Figura 9 - Classificação e separação dos peitos com miopatia.



Fonte: Imagem própria

Figura 10 - Demonstração dos tipos de miopatia classificados: A – MPP grau 3; B – WB grau 3; C – SM grau 3.



Fonte: Imagem própria

4.4 ANÁLISE DE MIOPATIA POR GÊNERO

Para a análise de miopatia por gênero foram coletados os dados utilizados pela empresa para controles diários de rendimento e perdas. A informação do gênero do lote foi levantada da Ficha de Acompanhamento do lote e pela programação diária de abate. Compilou-se os seguintes dados para uma planilha: data da realização do abate, carga, quantidade abatida por carga, gênero do lote (macho, fêmea ou misto) e o percentual de miopatias (MPP, WB e SM) constatadas por carga abatida.

4.5 ANÁLISE DE MIOPATIA POR LINHAGEM

Para a análise de miopatia por linhagem os dados foram obtidos da Programação diária de abate e ficha de acompanhamento do lote. Compilou-se os seguintes dados para uma planilha: data de abate, carga, quantidade de cabeças abatidas por carga, nome do integrado, linhagem específica do lote abatido (ROSS, COBB e SRD) e o percentual de miopatias (MPP, WB e SM) constatadas na carga abatida.

4.6 ANÁLISE DE MIOPATIA POR DISTÂNCIA

Para a análise de miopatia por distância os dados da distância da granja de origem até o frigorífico foram obtidos do documento denominado Ordem de Apanha que acompanha a carga. Foram compilados para uma planilha os seguintes dados: data de abate, região da granja de origem do lote, distância (km) da granja de origem até o frigorífico, quantidade de cabeças abatidas por carga e o percentual de miopatias (MPP, WB e SM). A distância variou entre 8 e 292 km.

4.7 ANÁLISE DE MIOPATIA POR SISTEMA DE CRIAÇÃO

Para a análise de miopatia por sistema de criação foram analisados o tipo de sistema (semi dark e darck house) através do cadastro dos integrados. Foram compilados para uma planilha os seguintes dados: data de abate, sistema de criação quantidade de cabeças abatidas por carga e o percentual de miopatias (MPP, WB e SM).

4.8 ANÁLISE DE MIOPATIA POR CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Para análise dos dados meteorológicos foi analisado a temperatura máxima, temperatura média compensada e mínima, umidade relativa máxima média e mínima diárias, vento e precipitação, nos dias de abate correspondentes. Os dados foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.9 ANÁLISE DE MIOPATIA POR KG/M²

Para análise de miopatia por kg/m² foram analisados os dados através do cadastro dos integrados pelo tamanho do galpão e analisado os limites estabelecidos pelo manual de boas práticas agropecuárias. Foram compilados para uma planilha os seguintes dados: data de abate, sistema de criação quantidade de cabeças abatidas por carga, Kg/m² e o percentual de miopatias (MPP, WB e SM).

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando os pacotes *tidyverse* para manipulação dos dados, *MVar.pt* e *FactoMineR* para a Análise de Componentes Principais (PCA), *factoextra* para a visualização dos resultados multivariados, *corrplot* e *Hmisc* para análise e

visualização da correlação de Pearson, e *qgraph* para representação gráfica das redes de correlação entre variáveis. Para a comparação múltipla de médias, foi utilizado o teste de Tukey, implementado por meio do pacote ExpDes.pt no ambiente estatístico R.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as correlações das variáveis com os componentes principais, bem como os valores de variância explicada individual e acumulada. A definição do número de componentes foi baseada no critério de Kaiser, segundo o qual apenas componentes com autovalores superiores a 1 são retidos, por representarem variância explicada superior à média de uma variável padronizada. Assim, os seis primeiros componentes apresentaram autovalores maiores que 1 e foram considerados relevantes, explicando conjuntamente 66,55% da variância total do conjunto de dados.

O primeiro componente principal (CP1) explicou 23,07% da variância total dos dados e apresentou correlações altas e negativas com as variáveis de temperatura máxima (-0,95) e temperatura média compensada (-0,91), bem como correlações altas e positivas com a umidade relativa média (0,93) e mínima (0,91) (Figura 11). Esse padrão indica que o CP1 representa um gradiente climático, diferenciando ambientes mais quentes e secos daqueles mais úmidos. Considerando que temperatura e umidade relativa são fatores amplamente associados ao conforto térmico de aves, o CP1 pode ser interpretado como um eixo relacionado às condições ambientais potencialmente associadas ao estresse térmico, o qual vem apresentando evidências crescente na literatura como um fator predisponente à ocorrência de alterações musculares. A literatura demonstra que temperatura e umidade relativa são fatores ambientais fortemente interdependentes e exercem influência direta sobre o conforto térmico das aves, afetando o metabolismo, o consumo alimentar e o desempenho produtivo (Lin et al., 2006; Yahav, 2009). Ambientes com alta umidade relativa reduzem a eficiência da dissipação de calor corporal, intensificando o estresse térmico mesmo em temperaturas moderadas. Dessa forma, a oposição observada entre temperatura e umidade no CP1 reflete um eixo ambiental clássico, amplamente descrito em estudos de ambiência na avicultura.

O segundo componente principal (CP2) explicou 12,07% da variância total dos dados e apresentou correlações negativas mais expressivas com as variáveis relacionadas às perdas por miopatia, destacando-se *Pmiopatia* (-0,74), *Pamadeirado* (-0,67) e *Pespaguite* (-0,58) (Figura

11). Esse padrão indica que o CP2 está associado a um gradiente de variação relacionado à intensidade das perdas decorrentes de alterações musculares. Estudos prévios corroboram essa interpretação ao demonstrar que desordens musculares em aves de rápido crescimento, MPP, WB e SM, não apenas ocorrem em conjunto, mas também produzem alterações fisiopatológicas robustas detectáveis em análises multivariadas.

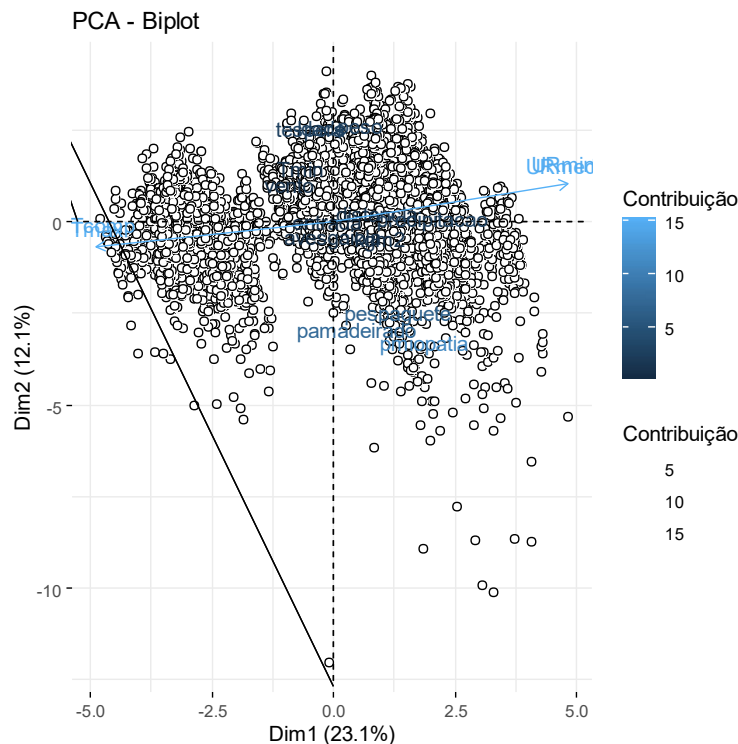
Tabela 2. Correlação das variáveis com os componentes, autovalores e variâncias.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Entrada	-0,03	-0,09	-0,26	0,51	-0,35	0,36
Tespera	-0,10	0,40	-0,02	-0,23	0,38	-0,09
Peso	0,11	0,41	-0,70	-0,02	0,11	-0,17
Aves/gaiola	-0,01	-0,18	0,57	-0,01	0,03	0,06
Idade	-0,05	0,40	-0,69	0,10	0,16	-0,09
Distância	0,17	-0,05	0,06	-0,57	0,17	-0,22
Pmiopatia	0,36	-0,74	-0,29	-0,03	0,05	-0,04
Pamadeirado	0,09	-0,67	-0,47	-0,08	0,15	-0,01
Pespaguete	0,26	-0,58	-0,33	-0,10	-0,03	-0,02
Kg/m ²	0,18	-0,18	0,16	-0,35	-0,09	-0,19
Precipitação	0,39	-0,08	0,12	0,11	-0,26	-0,44
Tmax	-0,95	-0,13	-0,04	-0,10	-0,02	0,03
Tcomp	-0,91	-0,11	-0,12	-0,23	-0,15	0,08
Tmin	-0,13	0,19	-0,25	-0,62	-0,55	0,35
URmedia	0,93	0,20	-0,00	-0,09	-0,12	0,14
URmin	0,91	0,21	-0,01	-0,13	-0,13	0,20
Vento	-0,18	0,10	-0,08	0,10	-0,54	-0,65
Autovalor	3,92	2,05	1,90	1,28	1,09	1,06

Fonte: Própria autoria

Por exemplo, investigações de expressão gênica em tecidos afetados por miopatias aplicaram Análise de Componentes Principais para discriminar amostras normais de amostras patológicas, evidenciando que esses distúrbios musculares correspondem a padrões sistemáticos de variação biológica que podem ser capturados por componentes extraídos das matrizes de dados (Zhang et al., 2024a; Che et al., 2024). As miopatias DPM, WB e SM estão associadas a alterações histológicas e estruturais na musculatura peitoral, incluindo necrose, fibrose e desorganização das fibras musculares, que impactam a qualidade tecnológica e sensorial da carne (Vieira et al., 2006; Wang; Susta; Barbut, 2023; Zhang et al., 2024b). Essas características fisiopatológicas têm impacto direto sobre medições físico-químicas e de rendimento muscular, explicando a forte carga dessas variáveis no CP2. Além disso, estudos comparativos demonstram que SM tende a aparecer em associação com outras miopatias, sugerindo um espectro de alterações que compartilham mecanismos subjacentes (Muñoz-Lapeira et al., 2025).

Figura 11 – Biplot obtidos para o primeiro e o segundo componente.



Fonte: Própria autoria, gerado no software R utilizando o pacote *qgraph*

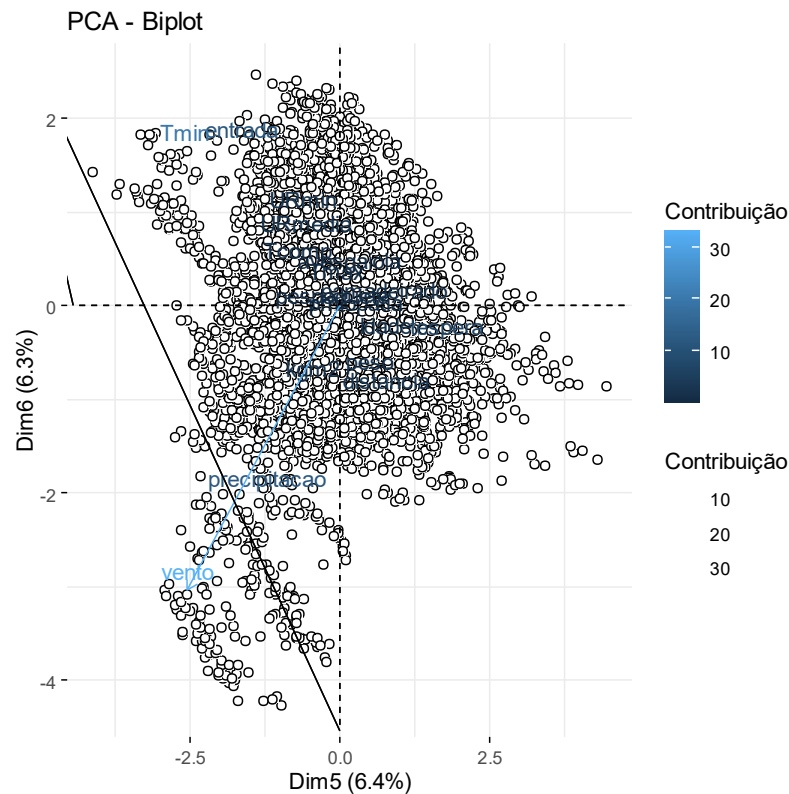
O terceiro componente principal (CP3) explicou 11,20% da variância total dos dados e apresentou correlações negativas mais expressivas com as variáveis peso ($-0,70$) e idade ($-0,69$), além de correlação positiva com o número de aves por gaiola ($0,57$) (Figura 12). Esse padrão indica que o CP3 está associado a um gradiente relacionado às características produtivas e ao estágio de desenvolvimento das aves. O peso corporal e a idade são amplamente reconhecidos como indicadores do desempenho produtivo e do estágio de crescimento em frangos de corte, sendo variáveis fundamentais em modelos de crescimento e avaliação zootécnica (Li et al., 2019; Petracci; Cavani, 2011). O aumento do peso corporal ao longo da idade reflete a progressão fisiológica do desenvolvimento muscular e metabólico das aves, justificando a forte associação dessas variáveis em um mesmo componente principal. Por outro lado, a densidade de estocagem, frequentemente expressa pelo número de aves por unidade de área ou por gaiola, é apontada como um fator determinante do desempenho produtivo. Estudos demonstram que altas densidades de alojamento tendem a reduzir o ganho de peso e a eficiência de crescimento, em função da maior competição por alimento, água e espaço, além do aumento do estresse fisiológico e térmico (Estevez, 2007; Sakr et al., 2025).

O quarto componente principal (CP4) explicou 7,51% da variância total dos dados e apresentou correlações mais expressivas com a temperatura mínima ($-0,62$) e a distância ($-0,57$), além de correlação positiva com o tempo de entrada ($0,51$) (Figura 12). Esses resultados sugerem que o CP4 representa variações associadas às condições térmicas mínimas e a aspectos operacionais relacionados ao deslocamento. Temperaturas mínimas abaixo da zona de conforto térmico impõem estresse por frio às aves, levando a alterações fisiológicas importantes, como aumento do gasto energético para manutenção da homeotermia, mudanças metabólicas e possíveis impactos no desempenho produtivo (Ferreira, 2017). Essas respostas tornam a temperatura mínima uma variável ambiental relevante, capaz de contribuir significativamente para a variabilidade observada em sistemas de produção avícola, o que reforça sua elevada carga no CP4. Adicionalmente, fatores relacionados ao transporte pré-abate, como a distância entre a granja e o frigorífico, exercem influência direta sobre o bem-estar das aves. Distâncias maiores estão associadas a maior tempo de transporte, maior exposição a condições ambientais adversas e aumento do estresse fisiológico, podendo resultar em perdas produtivas, alterações na qualidade da carne (Gou et al., 2021; Oba et al., 2009). Dessa forma, a correlação negativa observada entre a

Fonte: Própria autoria, gerado no software R utilizando o pacote *qgraph*

Por fim, o sexto componente principal (CP6) explicou 6,26% da variância total dos dados e apresentou correlação negativa mais expressiva com a variável vento ($-0,65$), além de associação com a precipitação ($-0,44$) (Figura 13). Esse padrão indica que o CP6 está associado à variabilidade relacionada à exposição ao vento, condição frequentemente descrita na literatura como potencialmente estressora para as aves. Estudos indicam que condições meteorológicas adversas, como chuva e vento, durante o transporte e a espera pré-abate podem exacerbar o estresse das aves, especialmente quando associadas a variações térmicas (Mitchell; Kettlewell, 1998). Dessa forma, o CP6 pode ser interpretado como um componente que captura variações ambientais secundárias, porém relevantes, que não foram plenamente explicadas pelos componentes climáticos principais, reforçando a complexidade da interação entre ambiente e manejo operacional.

Figura 13 - Biplots obtidos para o quinto e o sexto componente



Fonte: Própria autoria, gerado no software R utilizando o pacote *qgraph*

A análise dos componentes principais evidenciou que a variabilidade do conjunto de dados é explicada de forma hierárquica, refletindo a importância relativa das variáveis nos diferentes

eixos multivariados. O CP1, responsável pela maior parcela da variância explicada (23,07%), foi fortemente influenciado por variáveis climáticas, especialmente temperatura máxima, temperatura média compensada e umidade relativa média e mínima. Esse resultado indica que as condições ambientais exercem papel central na estrutura de variabilidade dos dados, configurando-se como o principal fator diferenciador entre as observações. A elevada contribuição dessas variáveis sugere que o ambiente térmico constitui o eixo dominante do sistema avaliado, sobrepondo-se às variáveis produtivas e operacionais em termos de explicação da variância global.

O CP2, que explicou 12,07% da variância total, foi predominantemente associado às variáveis relacionadas às perdas por miopatia (*Pmiopatia*, *Pamadeirado* e *Pespaguete*). A concentração dessas variáveis em um mesmo componente indica elevada correlação entre elas e reforça sua importância conjunta na variabilidade do sistema. Esse comportamento sugere que as perdas por alterações musculares constituem um bloco de variáveis com padrão próprio de variação, relativamente independente do gradiente climático principal, mas ainda relevante na explicação da variabilidade total.

O CP3, responsável por 11,20% da variância, destacou-se pela forte associação com peso e idade, além da contribuição do número de aves por gaiola. Esse componente reflete a importância das características produtivas e do estágio de desenvolvimento das aves na variabilidade dos dados, indicando que fatores ligados ao crescimento e à densidade de alojamento representam um eixo adicional de diferenciação entre as observações, embora com menor peso explicativo quando comparados às variáveis ambientais e às perdas por miopatia.

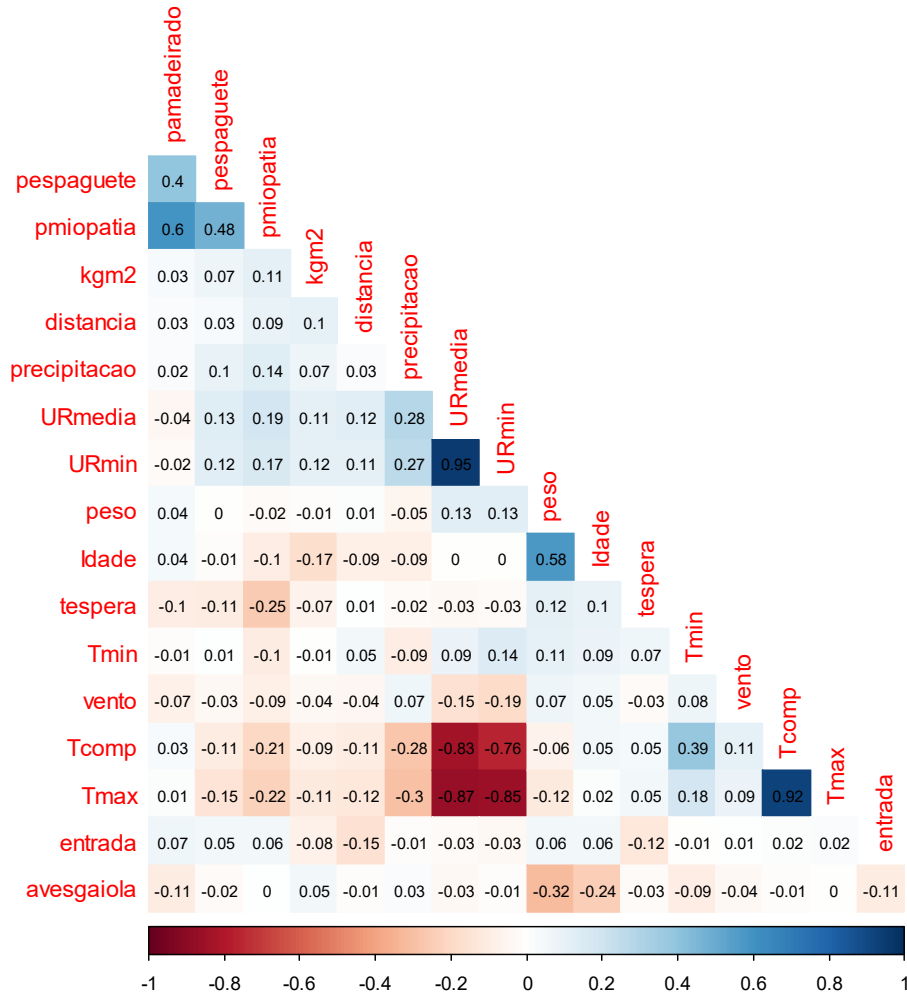
Os componentes subsequentes (CP4, CP5 e CP6), que juntos explicaram aproximadamente 20% da variância total, captaram fontes mais específicas de variabilidade. O CP4 evidenciou a relevância da temperatura mínima e da distância, sugerindo que condições térmicas mais extremas associadas a aspectos operacionais contribuem de forma secundária para a estrutura dos dados. Já o CP5 e o CP6 reforçaram a importância da temperatura mínima, da velocidade do vento e da precipitação, indicando que variáveis climáticas associadas a condições ambientais adversas continuam a influenciar a variabilidade, ainda que com menor magnitude explicativa.

A matriz de correlação apresentada na Figura 14 evidencia padrões consistentes de associação entre as variáveis analisadas. Observou-se alta correlação positiva (0,95) entre a umidade relativa média (URmedia) e a umidade relativa mínima (URmin), indicando que essas variáveis apresentam comportamento conjunto e refletem condições ambientais semelhantes. Esse

resultado era esperado, uma vez que ambas representam diferentes medidas de um mesmo atributo climático, reforçando a consistência interna dos dados ambientais.

Também foi identificada alta correlação positiva (0,92) entre a temperatura média compensada (Tcomp) e a temperatura máxima (Tmax), sugerindo que a variação da temperatura compensada é fortemente influenciada pelos valores máximos de temperatura. Essa associação confirma que ambas as variáveis captam de forma semelhante o gradiente térmico do ambiente, o que ajuda a explicar sua forte contribuição conjunta nos componentes principais associados às condições climáticas.

Figura 14 – Correlação das variáveis



Fonte: Própria autoria, gerado no software R utilizando o pacote *corrplot* e *Hmisc*

Além disso, verificou-se correlação moderada positiva entre peso e idade, indicando que aves mais velhas tendem a apresentar maior peso corporal. Esse padrão reflete a relação biológica esperada entre crescimento e idade, validando a coerência dos dados produtivos e reforçando a interpretação do componente associado às características de desenvolvimento das aves.

No que se refere às variáveis relacionadas às perdas por miopatias, observou-se correlação moderada e positiva entre *Pamadeirado*, *Pespaguete* e *Pmiopatia*. Esse resultado indica que essas alterações musculares tendem a ocorrer de forma associada, sugerindo que compartilham fatores comuns ou mecanismos fisiológicos semelhantes. A correlação entre essas variáveis reforça sua organização conjunta no mesmo componente principal e evidencia que as perdas por miopatias constituem um grupo específico de variáveis interdependentes dentro do sistema avaliado.

De maneira geral, o padrão de correlações observado corrobora os resultados obtidos na Análise de Componentes Principais, indicando que as variáveis ambientais, produtivas e relacionadas às miopatias apresentam associações consistentes e biologicamente plausíveis. Essas inter-relações reforçam a interpretação dos componentes principais e contribuem para uma compreensão integrada dos fatores que influenciam a variabilidade do sistema estudado.

A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de comparação múltipla de Tukey, realizado com o objetivo de avaliar as diferenças entre as médias das perdas associadas às miopatias musculares — MPP, WB e SM — em função do mês, sexo, linhagem e sistema de criação. Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, permitindo identificar os fatores e categorias que contribuíram de forma mais expressiva para a variação das perdas observadas.

No que se refere aos meses do ano, verificou-se que a MPP apresentou maior perda em dezembro. O WB não diferiu entre outubro e novembro, mas também apresentou maior prevalência em dezembro. Já a SM não apresentou diferenças significativas entre setembro, outubro e novembro, sendo igualmente mais frequente em dezembro. Estudos epidemiológicos demonstram que a prevalência de miopatias musculares em frangos de corte pode variar ao longo do ano. Em um levantamento canadense realizado com frangos abatidos ao longo de diferentes estações, verificou-se que a miopatia SM apresentou maior prevalência no verão, enquanto a forma severa de WB foi mais prevalente na primavera, sugerindo influência de fatores ambientais e sazonais no desenvolvimento dessas alterações musculares (Che et al., 2022).

Quanto ao sexo, lotes mistos apresentaram maior ocorrência de MPP, porém não houve diferenças entre machos e fêmeas para WB e SM. Por outro lado, Pascual et al. (2020) observaram taxas significativamente maiores de SM em fêmeas (25,0%) do que em machos (3,1%). Em contraste, WB apresentaram maior incidência em machos, independentemente do peso de abate (Lorenzi et al., 2014; Trocino et al., 2015). As razões para a maior incidência de SM em fêmeas permanecem desconhecidas, mas Brothers et al. (2019) destacaram maior expressão de genes relacionados à proliferação de tecido conjuntivo em machos, o que os torna mais predispostos ao WB. Além disso, é possível que diferenças hormonais – como ação diferenciada do IGF, GH e miostatina – influenciem metabolismo, síntese proteica e deposição de gordura intramuscular, favorecendo o surgimento das miopatias (Baldi et al., 2021).

TABELA 3 – Teste de comparação múltipla de Tukey, para as perdas associadas às miopatias MPP, WB e SM, em função das variáveis mês, sexo, linhagem e sistema de criação.

Variável	Categoria	Perda MPP (%)	Perda WB (%)	Perda SM (%)
Mês	SETEMBRO	0.63 b	0.32 b	0.05 b
	OUTUBRO	0.50 c	0.27 c	0.05 b
	NOVEMBRO	0.47 d	0.27 c	0.04 b
	DEZEMBRO	1.11 a	0.36 a	0.08 a
Sexo	MISTO	0.73 a	0.31 3	0.05 3
	MACHO	0.68 ab	0.31 2	0.06 2
	FEMÊA	0.68 b	0.32 1	0.06 1
Linhagem	ROSS(A)	1.11 a	0.37 a	0.08 a
	COBB	0.60 b	0.31 b	0.05 b
	ROSS(B)	0.58 bc	0.31 b	0.05 b
	SRD	0.49 c	0.29 b	0.05 b
Sistema	DARKHOUSE	0.71 a	0.31 a	0.06 a
	SEMIDARK	0.62 b	0.30 b	0.05 b

Fonte: Própria autoria

Em relação à linhagem genética, a Ross (A) apresentou maior perda por MPP e WB, enquanto Cobb, Ross (B) e SRD não diferiram para WB e SM. Estudos conduzidos por Bianchi et al. (2006) demonstraram que a incidência de miopatia do músculo peitoral profundo varia significativamente entre as linhagens de frangos de corte. Em sua investigação, a linhagem Ross 508 apresentou maior ocorrência média da lesão (1,27%), enquanto os lotes da linhagem Cobb 500 mostraram valores substancialmente menores (0,35%). Os autores também observaram ampla variação entre lotes, com valores individuais oscilando entre 0% e 16,7%, evidenciando que fatores genéticos, ambientais e de manejo podem influenciar de forma marcante o aparecimento dessa miopatia. Atualmente, a MPP é amplamente observada em frangos de corte de alta eficiência muscular, como as linhagens Ross, Cobb e Flex (Stangierski et al., 2019). Complementarmente, Montagna et al. (2019) verificaram maior incidência de peitos normais em aves Ross quando comparadas a Cobb, linhagem de maior uso comercial em razão do rendimento de carcaça e ganho de peso (Henn et al., 2014).

Quanto aos sistemas de criação, observou-se que o sistema Dark House apresentou maior perda em todas as miopatias avaliadas. Montagna (2017) descreveu resultados semelhantes, atribuindo o desempenho do sistema à maior tecnificação, que favorece conforto térmico e desempenho zootécnico. Já o sistema convencional, embora utilize pressão negativa, depende mais das condições climáticas externas (Abreu, 2011). É importante destacar que o desempenho não depende apenas do tipo de instalação, mas também de fatores como manejo, nutrição, sanidade e bem-estar (Velleman et al., 2003; Kuttappan et al., 2009, 2012). Além disso, Montagna et al. (2019) demonstraram que aves criadas em Dark House apresentaram 26% maior chance e 13% maior risco de desenvolver SM quando comparadas àquelas criadas em sistemas de ventilação por túnel com pressão positiva.

A integração entre a ACP e o teste de comparação múltipla de Tukey evidenciou convergência entre os padrões multivariados e as diferenças observadas entre categorias. A ACP permitiu identificar os principais eixos estruturantes da variabilidade do sistema de produção de frangos de corte, destacando a influência predominante das condições ambientais, seguida por fatores associados às miopatias musculares, às características produtivas e aos aspectos operacionais. Em complemento, o teste de Tukey possibilitou localizar, de forma objetiva, os níveis dos fatores em que essas variáveis se manifestaram com maior intensidade, evidenciando maiores perdas por miopatias em determinados meses, linhagens genéticas e sistemas de criação. Dessa

forma, os resultados do teste de Tukey são consistentes com os componentes extraídos pela ACP, reforçando que as diferenças observadas entre categorias refletem a atuação conjunta de fatores climáticos, produtivos, genéticos e operacionais. Essa abordagem integrada fortalece a interpretação dos resultados, ao combinar a identificação dos padrões globais de variabilidade com a confirmação das diferenças específicas entre os tratamentos avaliados.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se com o presente trabalho que a incidência de miopatias musculares em frangos de corte é influenciada pela interação entre fatores ambientais, produtivos, genéticos e de manejo. A análise multivariada evidenciou que as variáveis climáticas foram as principais responsáveis pela variabilidade do conjunto de dados, seguidas por fatores diretamente relacionados às miopatias MPP, WB e SM. Além disso, o teste de Tukey demonstrou diferenças significativas nas perdas por miopatias em função do mês do ano, da linhagem genética e do sistema de criação, com maiores valores observados em dezembro, na linhagem ROSS (A) e no sistema Dark House. Dessa forma, os resultados reforçam a importância do monitoramento ambiental, da escolha genética e do manejo adequado como estratégias fundamentais para reduzir a ocorrência dessas alterações musculares e minimizar perdas na cadeia produtiva de frangos de corte. Além dos prejuízos econômicos significativos para a cadeia produtiva, tais alterações comprometem a qualidade tecnológica e sensorial da carne, impactando diretamente a aceitação do consumidor e a competitividade da avicultura brasileira no mercado internacional.

Por fim, destaca-se a necessidade de estudos complementares que busquem elucidar e integrar variáveis fisiológicas, metabólicas e histopatológicas, permitindo compreender com maior precisão os mecanismos envolvidos no desenvolvimento dessas miopatias. Além disso, a ampliação da base de dados, incluindo diferentes regiões, ciclos produtivos e sistemas de criação, pode contribuir para modelos preditivos mais robustos. Do ponto de vista prático, sugere-se a adoção de estratégias de manejo voltadas ao controle das condições térmicas, especialmente em períodos críticos do ano, bem como a avaliação criteriosa de linhagens com menor predisposição às miopatias. Adicionalmente, melhorias nos protocolos de bem-estar e logística pré-abate, como redução do estresse durante transporte e espera, podem representar medidas efetivas para minimizar a ocorrência dessas alterações e promover maior sustentabilidade e eficiência na produção avícola.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2025**. São Paulo: ABPA, 2025. 146 p. Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 30 set 2025.

ABREU, R. A. T. **Influência dos fatores pré-abate sobre a incidência de miopatias em frangos de corte**. 2018. 44 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, Londrina, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3544>. Acesso em: 15 out 2023.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 256, p. 1-14, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/901939>. Acesso em: 15 out 2023.

AVIAGEN. **Broiler myopathies handbook**. Huntsville: Aviagen, 2023. Disponível em: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Broiler_Breeder_Tech_Articles/English/BroilerMyopathiesHandbook-2023_EN.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

BAILEY, R. A. et al. The genetic basics of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. **Poultry Science**, v. 94, n. 12, p. 2870-2879, dez. 2015. DOI: 10.3382/ps/pev304. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119321182>. Acesso: 15 out 2023.

BALDI, G. et al. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 115, p. 369-376, jan. 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.11.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918309050?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out 2023.

BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **Animal**, v. 12, n. 1, p. 164-173, 2018. DOI:10.1017/S1751731117001069. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731117001069>. Acesso em: 15 out 2023.

BALDI, G.; SOGLIA, F.; PETRACCI, M. Spaghetti Meat abnormality in broiler chickens: current understanding and future research directions. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 1-8, 2021. DOI: 10.3389/fphys.2021.684497. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2021.684497/full>. Acesso em: 15 out 2023.

BARBUT, S. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. **World's poultry science journal**. v. 75, n. 4, p. 559-582, 2019. DOI: 10.1017/S0043933919000436. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/recent-myopathies-in-broilers-breast-meat-fillets/8E19F0EC1C0B32B1BD168EB0A20BDF4F>. Acesso em: 15 out 2023.

BIANCHI, M. et al. The occurrence of deep pectoral myopathy in roaster chickens. **Poultry Science**, v. 85, n. 10, p. 1843-1846, 2006. DOI: 10.1093/ps/85.10.1843. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119422591>. Acesso em: 15 out 2023.

BILGILI, S. F. Breast muscle abnormalities in broiler chickens. **Am. Assoc. Avian Pathol**, 2016.

BILGILI, S. F. Broiler chicken myopathies: IV stringy/mushy breast. **Worthwhile Operational Guidelines and Suggestion**, February. Retrieved on, v. 2, 2017.

BILGILI, S. F.; HESS, J. Green Muscle Disease: Reducing the Incidence in Broiler Flocks. Huntsville: **Aviagen**, 2008. 12 p. Disponível em: https://staging.aviagen.com/assets/Tech_Center/AA_Technical_Articles/AAUpdateGreenMuscle.pdf. Acesso em: 16 fev 2024.

BRAMBILA, G. S. et al. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4 C and -20 C. **Poultry science**, v. 97, n. 5, p. 1762-1767, 2018. DOI: 10.3382/ps/pew327. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911931048X>. Acesso em: 16 fev 2024.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 mar. 2017.

BRASIL. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 19 ago. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Abate de bovinos, frangos e suínos cresce no 3º trimestre de 2023**. Agência de Notícias IBGE, 09 nov. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/38302-abate-de-bovinos-frangos-e-suinos-cresce-no-3-trimestre-de-2023>. Acesso em: 16 fev 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Ofício-Circular nº 17/2019/CGI/DIPOA/SDA/MAPA, de 13 dez. 2019**. Definição e classificação de miopatias para fins de aplicação do art. 175 do Decreto nº 9.013, de 29 mar. 2017. Brasília, DF. SEI nº 21000.091087/2019-12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relatório Anual 2021**. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 26 set. 2025.

BROTHERS, B. et al. RNA-seq analysis reveals spatial and sex differences in pectoralis major muscle of broiler chickens contributing to difference in susceptibility to wooden breast disease. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 764, 2019. DOI: 10.3389/fphys.2019.00764. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6591452/>. Acesso em: 16 fev 2024.

CAVALCANTI, É. N. F. et al. Breast meat quality of turkey breeder hens at disposal age affected by deep pectoral myopathy. **Poultry Science**, v. 100, n. 8, p. 101259, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101259. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121002935>. Acesso em: 16 fev 2024.

CAYLLAHUA, E. A. V. **Caracterização da carne do peito de frango amadeirado durante o congelamento por 12 meses**. 2020. 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f93b714e-afec-45ae-b612-8787de439af2/content> Acesso em: 20 jan 2024.

CHE, S. et al. Prevalence of breast muscle myopathies (spaghetti meat, woody breast, white striping) and associated risk factors in broiler chickens from Ontario Canada. **PLoS ONE**, v. 17, n. 4, p. e0267019, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0267019. Acesso em: 25 nov. 2025.

CHE, S. et al. Transcriptomic profiles of Pectoralis major muscles affected by spaghetti meat and woody breast in broiler chickens. **Animals**, v. 14, n. 2, p. 176, 2024. DOI: 10.3390/ani14020176. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/2/176>. Acesso em: 30 jan 2025.

CHOI, J. et al. Comparative metabolomic analysis of spaghetti meat and wooden breast in broiler chickens: unveiling similarities and dissimilarities. **Frontiers in Physiology**, v. 15, p. 1-13, 2024. DOI: 10.3389/fphys.2024.1456664. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2024.1456664/full>. Acesso em: 25 nov. 2025.

COELHO, A. E. G.; DOMINGUES, J. A. G.; SILVA, E. J. Exportação brasileira do frango de corte. **Revista Processando o Saber**, [s. l.], v. 13, 124-137, 9 jun. 2021. DOI: 10.5281/zenodo.15073301. Disponível em: <https://fatecpq.edu.br/revista/index.php/os/article/view/161>. Acesso em: 30 jan 2025.

COMPASSION IN FOOD BUSINESS. **Information Sheet 1 – Broiler Production – Global**. [S.l.], 2019. 1 relatório. Disponível em: <https://www.compassioninfoodbusiness.com>. Acesso em: 24 set. 2025.

CORAZZA, J. et al. Perdas econômicas devido às alterações peito de madeira e peito com estrias brancas em um abatedouro de frangos de corte. In: **III Semana do conhecimento**. 1., 2016, Passo Fundo. Anais da III Semana do conhecimento. Universidade de Passo Fundo. 2016. Disponível em: <https://www.upf.br/semanadoconhecimento/menu-lateral/anais/2016/trabalhos/ciencias-agrarias>. Acesso em: 30 jan. 2024.

CRESPO, R.; SHIVAPRASAD, H. L. Developmental, Metabolic, and Other Noninfectious Disorders. In: SWAYNE, D. E. (Ed.). **Diseases of Poultry**. 13. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. cap. 30, p. 1233-1270. DOI: 10.1002/9781119421481.ch30.

CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501-510, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew310. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119311332?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev 2024.

DADGAR, S. et al. Broiler chicken thigh and breast muscle responses to cold stress during simulated transport before slaughter. **Poultry Science**, v. 91, n. 6, p. 1454-1464, 2012. DOI: 10.3382/ps.2011-01520. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911940268X>. Acesso em: 16 fev 2024.

DALLE ZOTTE, A. et al. Research Note: Effect of chicken genotype and white striping–wooden breast condition on breast meat proximate composition and amino acid profile. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1797-1803, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.066>. Acesso em: 20 jan 2024.

DALLE ZOTTE, A. et al. Effect of “wooden breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. **Czech Journal of Animal Science**, v.62, n.2, p.51–57, 6 fev. 2017. DOI: 10.17221/54/2016-CJAS. Disponível em: https://cjas.agriculturejournals.cz/artkey/cjs-201702-0002_effect-of-wooden-breast-appearance-on-poultry-meat-quality-histological-traits-and-lesions-characterization.php. Acesso em: 20 jan 2024.

DYCE, K.; SACK, W.O.; WENSING C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

EMAMBU, M. N. et al. Effects of genetic selection for fast growth on the development of wooden breast myopathy in broilers. **Poultry Science**, v. 102, n. 12, p. 1-11, 2023. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102928. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37807899/>. Acesso em: 25 nov 2025.

ESTEVEZ, I. Density allowances for broilers: where to set the limits? **Poultry Science**, v. 86, n. 6, p. 1265–1272, 2007. DOI: 10.1093/ps/86.6.1265. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119399262>. Acesso em: 20 jan 2024.

FERREIRA, C. B. **Efeitos do estresse por frio em frangos de corte na fase inicial de criação**. 2017. 74 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/8096829d-caa5-4abe-967d-86a65bf4b1bb>. Acesso em: 30 jun 2025.

FERREIRA, G. H. **Influência da miopatia spaghetti meat no grau moderado na composição química da carne de peitos de frango de corte**. 2023. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/3f0cb8cd-a240-4106-bc2a-2894d777079b>. Acesso em: 19 set. 2025.

GIAMPIETRO-GANECO, A. et al. Impact of deep pectoral myopathy on chemical composition and quality parameters of chicken breast fillet. **Poultry Science**, v. 100, n. 9, p. 101377, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101377. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121004004>. Acesso em: 20 jan 2024.

GOU, Z. et al. Physiological effects of transport duration on stress biomarkers and meat quality of medium-growing Yellow broiler chickens. **Animal**, v. 15, n. 2, p. 100079, 2021. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100079. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173112030081>. Acesso em: 30 jun 2025.

GROFF-URAYAMA, P.M. et al. Formação da carne PSE em frangos de corte: um caso de manejo pré-abate. **Revista Veterinária y Zootecnia**, v. 12, n. 2, p. 33-48, 2018. DOI: 10.17151/vetzo.2018.12.2.4. Disponível em: <https://1library.org/document/qmj181p8-forma%C3%A7%C3%A3o-ca-rne-pse-frangos-corte-caso-manejo-abate.html>. Acesso em: 20 jan 2024.

HARPER, J. A. et al. Degenerative Myopathy of the Deep Pectoral Muscle in the Turkey. **Journal of Heredity**, v. 66, n. 6, p. 362–366, nov. 1975.

HENN, J. D. et al. Growth and deposition of body components of intermediate and high performance broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, p. 319-328, 2014. DOI: 10.1590/1516-635x1603319-328. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/6bGLhS8vjcFjLw8krWcqHYN/?format=html&lang=en>. Acesso em: 19 set. 2025.

HOLM, C. G. P.; FLETCHER, D. L. Antemortem holding temperatures and broiler breast meat quality. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 6, n. 3, p. 180-184, 1997. DOI: 10.1093/japr/6.2.180. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S105661711930738X>. Acesso em: 19 set. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

KAWASAKI, T. et al. Injury and fibrosis at the myoaponeurotic junction of pectoralis major and supracoracoideus muscles in broiler chickens. **The Journal of Poultry Science**, v. 62, p. 2025014, 2025. DOI: 10.2141/jpsa.2025014. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/62/0/62_2025014/_article. Acesso em: 30 jun. 2025.

KIJOWSKI, J. et al. Paradigm of deep pectoral myopathy in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 70, n. 1, p. 125-138, 2014. DOI: 10.1017/S0043933914000117. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/journals/twps20>. Acesso em: 16 fev. 2024.

KIJOWSKI, J.; KONSTANCZAK, M. Deep pectoral myopathy in broiler chickens. **Bull. Vet. Inst. Pulawy**, v. 53, p. 487-491, 2009.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets **Poultry Science**, v. 92, p. 339-345, fev. 2013c. DOI: 10.3382/ps.2012-02647. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119395288>. Acesso em: 30 jun. 2025.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. **Poult. Sci**, v. 88, n. 447, p. 136-137, 2009.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, p. 811-819, mar. 2013b. DOI: 10.3382/ps.2012-02506. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119395835>. Acesso em: 30 jun. 2025.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 10, p. 2677-2685, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02259>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119397767>. Acesso em: 30 jun. 2025.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 331-338, fev. 2013a. DOI: 10.3382/ps.2012-02646. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119395276>. Acesso em: 30 jun. 2025.

KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2724-2733, nov. 2016. DOI: 10.3382/ps/pew216. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911931898X>. Acesso em: 25 nov 2025.

KUTTIM, M.; ALEXANDER, D. Deep pectoral myopathy in broilers: a review. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, p. 73-79, 2003.

LIEN, R. J. et al. Induction of deep pectoral myopathy in broiler chickens via encouraged wing flapping. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 3, p. 556-562, 2012. DOI: 10.3382/japr.2011-00441. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119306476>. Acesso em: 15 fev. 2024.

LIN, H. et al. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 1, p. 71-86, 2006. DOI: 10.1079/WPS200585. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/strategies-for-preventing-heat-stress-in-poultry/114CAADF22599E20B2E1192AEE49FE69>. Acesso em: 16 fev 2024.

LI, X. M. et al. Effects of stocking density on growth performance, growth regulatory factors, and endocrine hormones in broilers under appropriate environments. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6611-6617, 2019. DOI: 10.3382/ps/pez505. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119579706>. Acesso em: 15 fev 2024.

LIVINGSTON, M. L. et al. White striping and wooden breast myopathies of broiler breast muscle is affected by time-limited feeding, genetic background, and egg storage. **Poultry Science**, v.98, n.1, p.217-226, jan. 2019. DOI: 10.3382/ps/pey333. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119303037?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2024.

LORENZI, M. et al. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 4, p. 754-758, 2014. DOI: 10.3382/japr.2014-00968. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119303484>. Acesso em: 25 nov 2025.

MACHADO, S.T., et al. Operação de transporte e tempo de descanso na incidência de carne PSE em suínos. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb**, v. 18, n. 10, p. 1065-1071, 2014. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1065-1071. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/qzcCxGRKTwWq3DSpHTYpXtQ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MAZZONI, M. et al. Fiber metabolism, procollagen and collagen type III immunoreactivity in broiler pectoralis major affected by muscle abnormalities. **Animals**, v. 10, n. 6, p. 1081, 2020. DOI: 10.3390/ani10061081. Disponível: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/6/1081>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MAZZONI, M. et al. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, p. 123-130, jan. 2015. DOI: 10.3382/ps/peu043. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119324125?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P.J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems!. **Poultry science**, v. 77, n. 12, p. 1803-1814, 1998. DOI: 10.1093/ps/77.12.1803. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119412376>. Acesso em 16 fev 2024.

MITCHELL, M.; SANDERCOCK, D. Spontaneous and stress induced myopathies in modern meat birds: a cause for quality and welfare concerns. **SRUC, Scotland's Rural College**, p. 100–107, 9 fev. 2004.

MONTAGNA, F. S. et al. Practical assessment of spaghetti breast in diverse genetic strain broilers reared under different environments. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 02, p. 001-006, 2019. DOI: 10.1590/1806-9061-2018-0759. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/fcCRWPGdZbqFNfWDgR4Cm9c/?format=html&lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MONTAGNA, F. S. **Incidência de miopatia peitoral em frangos de corte de diferentes sistemas de produção**. 2017. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1199>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MUDALAL, S. et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**, v.9, p. 728-734, apr. 2015. DOI: 10.1017/S175173111400295X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173111400295X?via%3Dihub>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MUÑOZ-LAPEIRA, M. et al. Breast myopathy co-occurrence and its impact on carcass and meat quality attributes in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 104, n. 1, p. 104625, 2025. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104625. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39647363/>. Acesso em: 20 fev 2025.

OBA, A. et al. The effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (Death on Arrival). **Brazilian archives of biology and technology**, v. 52, p. 205-211, 2009. DOI: 10.1590/S1516-89132009000700026. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/JMV5qgY6Yc3LQgr8677PjPC/?format=html&lang=em>. Acesso em: 30 jun 2025.

OLIVEIRA, R. F. de. **Qualidade da carne de peito de frangos de corte in natura e processada acometidas por peito de madeira**. 2019. 120 p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191219>. Acesso em: 16 fev. 2024.

PAULINO, M. T. F. et al. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. **Pubvet**, v. 13, n. 2, p. 1–14, fev. 2019.

PAPAH, M. B. et al. Gene expression profiling of the early pathogenesis of wooden breast disease in commercial broiler chickens using RNA-sequencing. **PLoS ONE**, v. 13, n. 12, p. e0207346, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0207346. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0207346>. Acesso em: 16 fev 2024.

PASCHOAL, E. C.; DOS SANTOS, J. M. G. Miopatia peitoral profunda como causa de condenação em abatedouro de aves. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 223, 2013. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/1520563940?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals>. Acesso em: 16 fev 2024.

PASCUAL, A. et al. Dietary supplementation with sodium butyrate: growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 1134-1145, 2020. DOI: 10.1080/1828051x.2020.1824590. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1828051X.2020.1824590>. Acesso em: 25 nov 2025.

PASTUSZCZAK, M.; URADZIŃSKI, J.; ROTKIEWICZ, T. Histopathological changes in green muscle disease of turkeys. **Polish journal of veterinary sciences**, v. 5, n. 2, p. 63-70, 2002.

PEIXOTO, J. de O.; IBELLI, A. M. G.; LEDUR, M. C. Miopatias peitorais em frangos de corte: um problema progressivo na avicultura. **Avicultura Industrial**, Itu, ano 107, n. 08, ed. 1258, p. 14-21, 2016. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1061788>. Acesso em: 29 jan. 2024.

PETRACCI, M. et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363-374, 2015. DOI: 10.1017/S0043933915000367. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/meat-quality-in-fast-growing-broilerchickens/0F588A5C7EF6DC0B7E015853D901D019>. Acesso em: 29 jan 2024.

PETRACCI, M. et al. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 2, p. 565–583, 4 fev. 2019. DOI: 10.1111/1541-4337.12431. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12431>. Acesso em: 29 jan 2024.

PETRACCI, M.; BALDI, G.; SOGLIA, F. Growth-related breast meat abnormalities in broilers. **Lohmann Information**, v. 53, n. 2, p. 12-19, set. 2019. Disponível em: <https://lohmann-breeders.com/media/2020/12/lohmann-information-2019-2-september-2019.pdf>. Acesso em: 29 jan 2024.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2011. DOI: 10.3390/nu4010001. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/4/1/1>. Acesso em: 29 jan 2024.

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; BERRI, C. Chapter 3 - Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In: **Poultry quality evaluation**. Woodhead Publishing, 2017. p. 51-75. DOI: 10.1016/B978-0-08-100763-1.00003-9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007631000039?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jan 2024.

PATTISON, M. et al. (Ed.). **Poultry diseases**. Elsevier Health Sciences, 2007.

PRADO, F. do. **Miopatia dorsal cranial em frangos: influência de condições meteorológicas, classificação e aspecto da lesão durante o processamento industrial**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/201245>. Acesso em: 29 jan 2024.

RUSSO, E. et al. Evaluation of White Striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. **Poultry Science**, v. 94, n. 8, p. 1843-1848, ago. 2015. DOI: 10.3382/ps/pev172. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119322138>. Acesso em: 30 jan. 2024.

RICHARDSON, J. A. et al. Deep pectoral myopathy in seven-week-old broiler chickens. **Avian diseases**, p. 1054-1059, 1980.

RUTZ, F. et al. Crescimento muscular e características da qualidade das carcaças de frangos: genética, nutrição e sanidade, qual o papel de cada um?. In: XVIII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA E IX BRASIL SUL POULTRY FAIR, 1., 2017 Chapecó. **Anais do XVIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura e IX Brasil Sul Poultry Fair**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. p. 28-49. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160221/1/final8528.pdf>. Acesso em: 29 jan 2024.

SAKR, S. A. et al. Growth performance, behavior, gene expression, carcass characteristics, stress indicators, and economical parameters of avian 48 broiler chickens raised under three different stocking density. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 12, p. 1517142, 2025. DOI: 10.3389/fvets.2025.1517142. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2025.1517142/full>. Acesso em: 30 jun 2025.

SANDEN, K. W. et al. Characterization of collagen structure in normal, wooden breast and spaghetti meat chicken fillets by FTIR microspectroscopy and histology. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 548, 2021. DOI: 10.3390/foods10030548. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/548>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SANDERCOCK, D. A. et al. Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight. **British Poultry Science**, v. 47, n. 3, p. 322-329, 2006. DOI:10.1080/00071660600732346. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00071660600732346>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SANDERCOCK, D. A. et al. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: Implications for meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v.80, p.418-425, 2001. DOI: 10.1093/ps/80.4.418. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119411061?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SIHVO, H.-K. et al. Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. **Veterinary Pathology**, v. 54, n. 1, p. 119-128, jan. 2017. DOI: 10.1177/0300985816658099. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0300985816658099>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SIHVO, H.-K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51, n. 3, p. 619-623, jul. 2014. DOI: 10.1177/0300985813497488. Disponível: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0300985813497488>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SIHVO, H.-K. et al. Pectoral vessel density and early ultrastructural changes in broiler chicken wooden breast myopathy. **Journal of Comparative Pathology**, v. 161, p. 1-10, 2018. DOI: 10.1016/j.jcpa.2018.04.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021997517305881?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out 2023.

SILLER, W. G.; WIGHT, P. A. L.; MARTINDALE, L. Exercise-induced deep pectoral myopathy in broiler fowls and turkeys. **Veterinary Science Communications**, v. 2, p. 331-336, dez. 1978. DOI: 10.1007/BF02291463. Acesso em: 21 de jun 2024

SIMÕES, G. S. et al. Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 195-204, 2009. DOI: 10.1590/S1516-89132009000700025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/ywLv54dvYGf9DNbXWd5QpzM/?lang=en&format=html>. Acesso em: 30 jan. 2024.

SIRRI, F. et al. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 95, n. 8, p. 1813-1824, 2016. DOI: 10.3382/ps/pew064. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119316372>. Acesso em: 15 out 2023.

SOGLIA, F. et al. Distribution and expression of vimentin and desmin in broiler pectoralis major affected by the growth-related muscular abnormalities. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 1581, 2020. DOI: 10.3389/fphys.2019.01581. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journal/physiology/articles/10.3389/fphys.2019.01581/full>. Acesso em: 29 jan 2024.

SOGLIA, F. et al. Evolution of proteolytic indicators during storage of broiler wooden breast meat. **Poultry science**, v. 97, n. 4, p. 1448-1455, abr. 2018. DOI: 10.3382/ps/pex398. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119310132?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jan 2024.

SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651-659, mar. 2016. DOI: 10.3382/ps/pev353. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911931990X>. Acesso em: 29 jan 2024.

SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; PETRACCI, M. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. **Avian pathology**, v. 48, n. 1, p. 1-3, 2019. DOI: 10.1080/03079457.2018.1508821. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/03079457.2018.1508821>. Acesso em: 29 jan 2024.

STANGIERSKI, J. et al. The effect of deep pectoral myopathy on the properties of broiler chicken muscles characterised by selected instrumental techniques. **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 2, p. 459-467, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3177-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-018-3177-2>. Acesso em: 16 fev 2024.

TASONIERO, G. et al. Effect of spaghetti meat abnormality on broiler chicken breast meat composition and technological quality. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1724-1733, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2019.10.069. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119577859>. Acesso em: 15 out 2023.

TALLENTIRE, C. W.; LEINONEN, I.; KYRIAZAKIS, I. Artificial selection for improved energy efficiency is reaching its limits in broiler chickens. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1168, 18 jan. 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-19231-2. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-19231-2>. Acesso em: 15 out 2023.

TICKLE, P. G. et al. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part I. Anatomy of the musculoskeletal respiratory apparatus and changes in organ size. **PeerJ**, v. 2, p. e432, 3 jul. 2014. DOI: 10.7717/peerj.432. Disponível em: <https://peerj.com/articles/432/>. Acesso em: 15 out 2023.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2167-2173, set. 2016. DOI: 10.3382/ps/pew129. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119317407?via%3Di>hub. Acesso em: 29 jan 2024.

TROCINO, A. et al. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. **Poultry science**, v. 94, n. 12, p. 2996-3004, dez. 2015. DOI: 10.3382/ps/pev296. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119321339?via%3Di>hub. Acesso em: 29 jan 2024.

TUMELERO, R.; BOIAGO, M. M. Presença de miopatias peitorais em frangos de corte: um estudo sobre incidência de acordo com a idade e o sexo das aves. **Sul Brasil Rural**, Chapecó, ano 14, ed. 285, p. 1, 26 out. 2023. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/SB_285_16983347728762_1043.pdf. Acesso em: 15 out 2023

VALÉRIO, S. R. Ambiência, instalações e equipamentos avícolas. *In*: LANA, G.R.Q. (Ed.) **Avicultura**. Piracicaba: Livraria e Editora Rural, 2000. p.126-158

VELLEMAN, S. G. et al. Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. **Poultry Science**, v. 82, n. 7, p. 1069-1074, 2003. DOI: 10.1093/ps/82.7.1069. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119438625>. Acesso em: 15 out 2023.

VELLEMAN, S. G. Relationship of Skeletal Muscle Development and Growth to Breast Muscle Myopathies: A Review. **Avian Diseases**, v. 59, n. 4, p. 525-531, dez. 2015. DOI: 10.1637/11223-063015-review.1. Disponível em: <https://bioone.org/journals/avian-disease/s/volume-59/issue-4/11223-063015-Review.1/Relationship-of-Skeletal-Muscle-Development-and-Growth-to-Breast-Muscle/10.1637/11223-063015-Review.1.short>. Acesso em: 29 jan. 2024.

VIEIRA, T. B. et al. Aspectos anatomopatológicos da miopatia peitoral profunda em frangos de corte abatidos sob inspeção sanitária. **Brazilian J. Vet. Sci**, v. 13, p. 144-146, 2006. DOI: 10.4322/rbcv.2014.287. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rbcv.2014.287>. Acesso em: 20 jan 2024.

WANG, C.; SUSTA, L.; BARBUT, S. Textural restoration of broiler breast fillets with spaghetti meat myopathy, using two alginate gels systems. **Gels**, v. 10, n. 1, p. 7, 2023. DOI: 10.3390/gels10010007. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2310-2861/10/1/7>. Acesso em: 30 jun 2024.

WIDEMAN, N.; O'BRYAN, C. A.; CRANDALL, P. G. Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences-A review. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 2, p. 353-366, 1 jun. 2016. DOI: 10.1017/S0043933916000015. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/factors-affecting-poultry-meat-colour-and-consumer-preferences-a-review/91865E033E787E992139A989DCAECAD1>. Acesso em: 15 out 2023.

WIGHT, P. A. L.; SILLER, W. G. Pathology of deep pectoral myopathy of broilers. **Veterinary Pathology**, v. 17, n. 1, p. 29-39, 1980. DOI: 10.1177/030098588001700103. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030098588001700103>. Acesso em: 15 out 2023.

YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n. 4, p. 719-732, 2009. DOI: 10.1017/S004393390900049X. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/alleviating-heat-stress-in-domestic-fowl-different-strategies/B442952F5B3E129688F412B258999BD>. Acesso em: 16 fev 2024.

YAHAV, S. et al. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry science**, v. 83, n. 2, p. 253-258, 2004. DOI: 10.1093/ps/83.2.253. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119425868>. Acesso em: 15 out 2023.

YALCIN, S. et al. Muscle structure and gene expression in pectoralis major muscle in response to deep pectoral myopathy induction in fast- and slow-growing commercial broilers. **British Poultry Science**, v. 60, n. 3, p. 195-201, 19 fev. 2018. DOI: 10.1080/00071668.2018.1430351. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00071668.2018.1430351?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 15 out 2023.

ZAHOOR, I.; KONING, D.-J. de.; HOCKING, P. M. Transcriptional profile of breast muscle in heat stressed layers is similar to that of broiler chickens at control temperature. **Genetics Selection Evolution**, v. 49, art. 69, 2017. DOI: 10.1186/s12711-017-0346-x. Disponível em: <https://gsejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12711-017-0346-x>. Acesso em: 15 out 2023.

ZANETTI, M. A. et al. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2 p. 887-892, 15 mar. 2018. DOI: 10.5433/1679-0359.2018v39n2p887. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/28864>. Acesso em: 15 out 2023.

ZHANG, X. et al. Hypoxia-mediated programmed cell death is involved in the formation of wooden breast in broilers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 77, 2024b. DOI: 10.1186/s40104-024-01036-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40104-024-01036-1>. Acesso em: 21 jun 2024.

ZHANG, X. et al. Transcriptomic meta-analysis and exploration of differentially expressed gene functions in wooden breast myopathy of broilers. **Poultry Science**, v. 103, n. 10, p. 104047, 2024a. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104047. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579124006266>. Acesso em: 20 jan 2024.

ZUIDHOF, M. J. et al. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry science**, v. 93, n. 12, p. 2970-2982, dez. 2014. DOI: 10.3382/ps.2014-04291. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119385505?via%3Di>hub. Acesso em: 29 jan 2024.