



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DAS MIOPATIAS *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE

FERNANDO ALBERTO BENITEZ DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS

Abril de 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DAS MIOPATIAS *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE

FERNANDO ALBERTO BENITEZ DOS SANTOS

Médico Veterinário

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Claudia Marie Komiyama

Coorientadores: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

Prof^ª. Dr^ª. Fabiana Ribeiro Caldara

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS

Abril de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237o Santos, Fernando Alberto Benitez Dos

OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DAS MIOPATIAS WHITE STRIPING E
WOODEN BREAST EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE [recurso eletrônico] / Fernando
Alberto Benitez Dos Santos. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Claudia Marie Komiyama .

Coorientadores: Rodrigo Garófallo Garcia , Fabiana Ribeiro Caldara.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Idade. 2. degeneração muscular. 3. qualidade de carne. 4. petio estriado. 5. peito amadeirado.

I. Komiyama, Claudia Marie. II. Garcia, Rodrigo Garófallo. III. Caldara, Fabiana Ribeiro.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

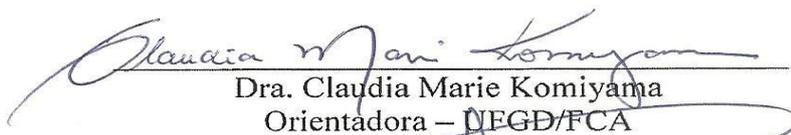
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE MACHOS E FÊMEAS

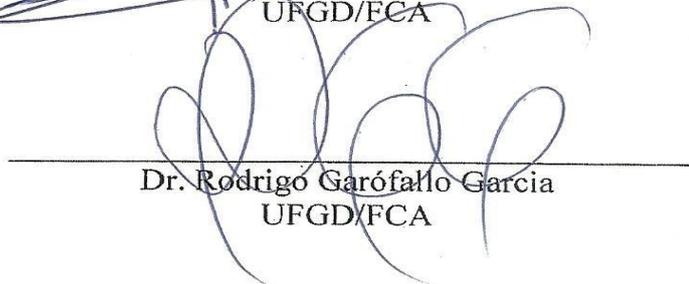
FERNANDO ALBERTO BENITEZ DOS SANTOS

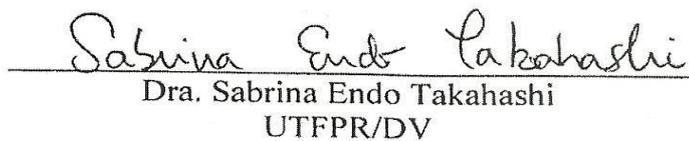
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Aprovada em: 23 de Abril de 2019.


Dra. Claudia Marie Komiyama
Orientadora – UEGD/FCA


Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes
UFGD/FCA


Dr. Rodrigo Garófalo Garcia
UFGD/FCA


Dra. Sabrina Endo Takahashi
UTFPR/DV

DEDICATÓRIA

À Ivanir Benitez (*in memoriam*), Juliana, Valentina e Lavínia, mulheres de minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família, sobretudo minha esposa Juliana por me incentivar a ingressar e finalizar meu mestrado e suportar minha ausência em detrimento de estudos e experimentos na pós-graduação.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), por ter concedido a realização deste curso.

À minha orientadora prof.^a Dr.^a Claudia Marie Komiyama, pelos ensinamentos, aprendizado, amizade, conselhos, pela atenção prestada no decorrer desse caminho e importante e fundamental contribuição na condução dos experimentos realizados. Por todo o esforço prestado em prol da pesquisa científica e pela paciência oriental admirável com seu orientado, um reconhecimento e agradecimento especial.

Ao prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia pela coorientação, pela atenção prestada antes mesmo do ingresso à pós-graduação, ensinamentos e conselhos no decorrer desta.

À prof.^a Dr^a Fabiana Caldara, pelas sugestões concedidas para que este trabalho fosse o melhor possível,

À prof. Dr^a Érika Rosendo de Sena Gandra e pós doutoranda Maria Fernanda de Castro Burbarelli, pelas experiências e ensinamentos compartilhados, além de toda ajuda prestada na condução de meu experimento e redação desta dissertação.

Aos amigos Andrey, Renata e Thaiano, que contribuíram significativamente nos estudos realizados, diminuindo as dificuldades existentes.

Ao Núcleo de Pesquisa em Nutrição e Produção de Monogástricos, em particular ao Wellington Santos, Eliéser, Jacqueline Rosa, Erique Ferreira, João Paulo T. Bueno, Bruna Barreto, Vivian Castilho, Inessa, Kelly Barbosa e Hyndira Folador pelas reuniões

de estudo e contribuição na condução dos experimentos. Sem a dedicação e compromisso de vocês não realizaríamos um experimento de qualidade.

Ao Sr. Alfredo, por ter prestado todo o manejo necessário às aves do experimento, garantindo o bem-estar das aves do início ao fim do experimento e por contar “causos” que só aconteceram com ele.

À técnica de laboratório Adriana Sathie, pela enorme ajuda concedida nas análises realizadas, sempre com bom humor.

À empresa BRF (unidade de Dourados/MS) por ter concedido os pintainhos e ração necessários ao experimento.

Aos demais professores da Pós-graduação de Zootecnia que tive o prazer de ser aluno. Com certeza muitos deles foram fundamentais para minha formação acadêmica.

Muito obrigado!

“Quem come do fruto do conhecimento, é sempre expulso de algum paraíso.”

Melanie Klein

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
CAPÍTULO 1.....	5
REVISÃO DE LITERATURA.....	5
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CADEIA PRODUTIVA DE FRANGOS DE CORTE.....	6
MIOPATIAS EM FRANGOS DE CORTE.....	8
<i>White striping</i> (estriação branca).....	11
<i>Wooden breast</i> (peito amadeirado).....	14
Efeitos na qualidade da carne.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 2.....	24
OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DAS MIOPATIAS <i>WHITE STRIPING</i> E <i>WOODEN BREAST</i> EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE.....	24
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Material e Métodos.....	28
Resultados.....	33
Discussão.....	40
Conclusão.....	49
Referências bibliográficas.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Frequência de <i>white striping</i> e <i>wooden breast</i> em peito de frangos de corte machos e fêmeas aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade.....	35
Tabela 2. Frequência de <i>white striping</i> , <i>wooden breast</i> e as duas miopatias em simultâneas em peito de frangos de corte machos e fêmeas aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade.....	37
Tabela 3. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as miopatias <i>white striping</i> e <i>wooden breast</i> e as variáveis de qualidade de carne.....	38
Tabela 4. Qualidade da carne de peitos normais e com as miopatias <i>white striping</i> e <i>white striping</i> aliado ao <i>wooden breast</i> em frangos de corte machos e fêmeas.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perspectiva de crescimento da população mundial nos continentes.....	7
Figura 2. Classificação de graus de <i>white striping</i> em peitos de frangos.....	12
Figura 3. Miopatia degenerativa: <i>white striping</i> em músculo peitoral de frango classificado como grave (A) e moderada (B).....	13
Figura 4. Graus de <i>wooden breast</i> em peitos de frangos.....	14
Figura 5. Alterações histológicas em decorrência da presença de <i>wooden breast</i>	16

RESUMO

SANTOS, F. A. B. **Ocorrência e desenvolvimento de miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte.** 2019. 65 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Objetivou-se com este trabalho, investigar a ocorrência e desenvolvimento, bem como correlacionar a incidência de *white striping* e *wooden breast* entre machos e fêmeas. Desta forma, foi conduzido um experimento no aviário experimental de frango de corte em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 960 pintos de um dia da linhagem Cobb[®], sendo 480 pintinhos de cada sexo, com 12 repetições por tratamento e 40 aves por repetição e alojadas nos boxes após pesagem inicial e uniformização dos pesos. Um total de 36 aves por tratamento foram abatidas semanalmente a partir de 21 até aos 49 dias de idade. Foram avaliados a ocorrência das miopatias, seus escores e sua evolução ao longo da idade das aves entre machos e fêmeas, bem como peso vivo, peso de peito, medidas físicas do peito (comprimento, largura e espessura), pH, coloração (L*, a* e b*), perda por gotejamento, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento. Os resultados demonstram que o sexo das aves não interferiu na ocorrência das miopatias *wooden breast* e *white striping*. No entanto, foi observado que os graus das miopatias evoluíram de acordo com o avançar da idade. O surgimento da miopatia *white striping* se deu de forma precoce, sendo identificada já na terceira semana de vida das aves. O desenvolvimento de *wooden breast* não ocorreu de forma isolada, sendo presente apenas na presença concomitante ao *white striping*. Os peitos acometidos por *wooden breast* associado a *white striping* modificaram as características de qualidade da carne, aumentando as perdas por gotejamento e perda de peso por cozimento.

Palavras chaves: idade, degeneração muscular, qualidade da carne, peito estriado, peito amadeirado.

ABSTRACT

SANTOS, F. A. B. **Occurrence and development of *white striping* and *wooden breast* myopathies on broilers breasts.** 2019. 65 p. Dissertation (master's degree) – Faculty of Agrarian Sciences, Federal University of Grande Dourados.

The objective of this work was to investigate the occurrence and development, as well as to correlate the incidence of white striping and wooden breast between males and females. Thus, there was carried out an experimental at broiler aviary in a completely randomized design, using 960 day-old chicks, Cobb strain, in which 480 chicks were of each sex, with 12 replicates per treatment and 40 birds per replicate and housed in boxes after initial weighing and weights standardization. A total of 36 birds per treatment were slaughtered weekly from 21 to 49 days of age. There were evaluated the myopathies occurrence, scores and evolution along the age of males and females birds, as well as live weight, breast weight, breast physical measurements (length, width and thickness), pH, color (L *, a * and b *), drip loss, water retention capacity (WRC), cooking loss (CL) and shear force. The results show that the bird's sex did not interfere in the occurrence of *wooden breast* and *white striping* myopathies. However, there was observed that the myopathy degrees evolved as the age advanced. The appearance of white striping myopathy occurred early, being identified as early as the third week of bird's life. The *wooden breast* development did not occur in isolation, being concomit only in the presence with *white striping*. The breasts affected by *wooden breast* associated with *white striping* modified the quality meat characteristics, increasing drip loss and cooking loss.

Key words: age, muscle degeneration, meat quality, *white striping* and *wooden breast*.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Há mais de sessenta anos, a indústria moderna de carne de frango iniciou as atividades tornando-se um segmento mais profissionalizado e tecnológico e, desde então a produção de carne se expandiu cada vez mais para atender a demanda dos consumidores. Para atender essa demanda, as empresas avícolas tiveram que desenvolver e aprimorar muitos segmentos que complementam toda a cadeia produtiva, tais como tecnologia, genética, nutrição e sanidade. Desse modo, as indústrias avícolas conseguiram aumentar a produtividade e tornaram-se cada vez mais competitivas no mercado, no entanto, consideráveis desafios surgiram como reflexo dessas mudanças, tais como as miopatias.

Estudos conduzidos por Harper & Parker (1967) relataram pela primeira vez o surgimento de uma miopatia degenerativa em perus domésticos afetando o músculo *Supracoracoideus*, que conferia a esse tecido um aspecto de hemorragia localizada, edema, degeneração e necrose. Dickinson et al. (1968), intitularam à essas alterações sinônimas de “músculo verde”, “doença de Oregon”, “miopatia degenerativa” e ainda “miopatia peitoral profunda”, sendo esta última a nomeação mais conhecida. Esse foi o início das miopatias na avicultura, que anos depois, Siller (1984), lhe atribuiu como causa a intensa seleção genética, visto que em estudos conduzidos pelo autor, não foram observados essas anormalidades em perus selvagens. Após essas descobertas, a avicultura mundial, até então, convive com o surgimento de novas miopatias, sobretudo nos últimos anos, o que tem gerado grande preocupação para a cadeia avícola, sobremaneira a do frango de corte. Tendo como consequências consideráveis alterações na qualidade do produto cárneo, as empresas deste ramo têm acumulado intensos prejuízos devido ao surgimento dessas alterações musculares.

Para o Brasil, os impactos negativos em decorrência das miopatias tem fundamental importância, pois o país consolidou-se como essencial mercado para abastecimento de carne de frango no mundo, visto que dados da ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2018) certificam nosso país como o segundo maior produtor e maior exportador mundial de carne de frango de corte. Diante de tamanha importância, o surgimento de miopatias como *white striping* e *wooden breast* tornam-se muito mais relevantes e prejudiciais diante a representatividade do país na escala produtiva no mundo.

A miopatia *white striping*, conhecida por “estrias brancas”, é caracterizada pelo surgimento de estrias esbranquiçadas no músculo *Pectoralis major* que seguem a direção da fibra muscular e podem surgir em diferentes intensidades associada a alterações

químicas na carne (Kuttappan et al., 2012^a). A alteração desse produto cárneo também é facilmente identificada de forma visual, podendo inclusive causar rejeição ao produto por parte dos consumidores.

Já a miopatia *wooden breast*, conhecida por “peito amadeirado”, possui traços macroscópicos característicos que confere ao músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) do frango uma notável dureza palpatória, coloração pálida, presença de pequenas hemorragias bem como a de protuberâncias e superfície viscosa em decorrência a um exsudato fluido e transparente (Dalle Zotte et al., 2017).

Essas alterações musculares têm sido estudadas com o objetivo de elucidar suas causas e mitigar seus efeitos negativos. De acordo com Kuttappan et al. (2016), a ocorrência dessas miopatias está associada a maior taxa de crescimento das aves. Seguindo este raciocínio, aves mais pesadas tendem a desenvolver com maior facilidade essas anomalias. De acordo com Alnahhas et al. (2016), o *white striping* é geneticamente mais relacionado ao desenvolvimento do músculo peitoral maior do que o crescimento global do corpo. Neste contexto, a seleção genética, sendo o principal contribuinte para as mudanças no desenvolvimento e produção do músculo, pode ser razoavelmente considerada como o principal fator subjacente responsável pelo desenvolvimento dessas anormalidades musculares (Petracci et al., 2019).

Portanto, a presente dissertação encontra-se dividida em dois capítulos, sendo que o Capítulo 1 uma revisão de literatura que teve por objetivo compilar informações da literatura a respeito das características macroscópicas e microscópicas e possíveis causas das miopatias *white striping* e *wooden breast*, sendo redigido nas normas da ABNT (2014). O Capítulo 2, intitulado “Ocorrência e desenvolvimento das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte” teve como objetivo identificar a presença, bem como a evolução das miopatias *white striping* e *wooden breast* em frangos de corte e comparar seus graus de severidade e qualidade da carne entre machos e fêmeas. O capítulo 2 foi redigido nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia (ISSN 1806-9290).

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CADEIA PRODUTIVA DE FRANGOS DE CORTE

De acordo com relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018), a produção brasileira de carne de frango atingiu 13,056 milhões de toneladas no ano de 2017, volume 1,16% maior que o registrado no ano de 2016. Com esse volume de carne de frango produzido, o Brasil permanece como o segundo maior produtor mundial dessa proteína animal, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que registrou a marca de 18,596 milhões de toneladas no ano de 2017, seguidos por Brasil, União Europeia (11,700 milhões de toneladas), China e Índia com 11,600 e 4,400 milhões de toneladas, respectivamente (ABPA, 2018).

De acordo com o relatório brasileiro de proteína animal, os estados brasileiros que se destacaram no abate de frangos de corte no ano de 2017, foi o Paraná, responsável por 34,32% do abate nacional, seguido de Santa Catarina com 16,21%, Rio Grande do Sul (13,82%) e São Paulo (9,32 %). A região sul do Brasil, responsável por 64,35% do abate nacional, domina o abate de frangos de corte no país, seguidos da região sudeste com 17,08% e centro oeste com 14,89% do total de aves abatidas no país (ABPA, 2018). Juntas, estas três regiões do Brasil correspondem a mais de 96% do volume de aves abatidas. Entretanto, apenas cinco estados apresentaram aumento no volume de abate no ano de 2017 comparado ao ano de 2016, sendo esses os estados de Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Espírito Santo.

O estado do Mato Grosso do Sul, ocupou a oitava posição com 3,23% do abate de frangos de corte do país, com um acréscimo de 0,17% no abate em relação ao ano anterior e 0,19 % comparado ao ano de 2013, (ABPA, 2018), o que mostra que esse estado apresentou um lento aumento no volume de abate de aves ao longo dos últimos cinco anos.

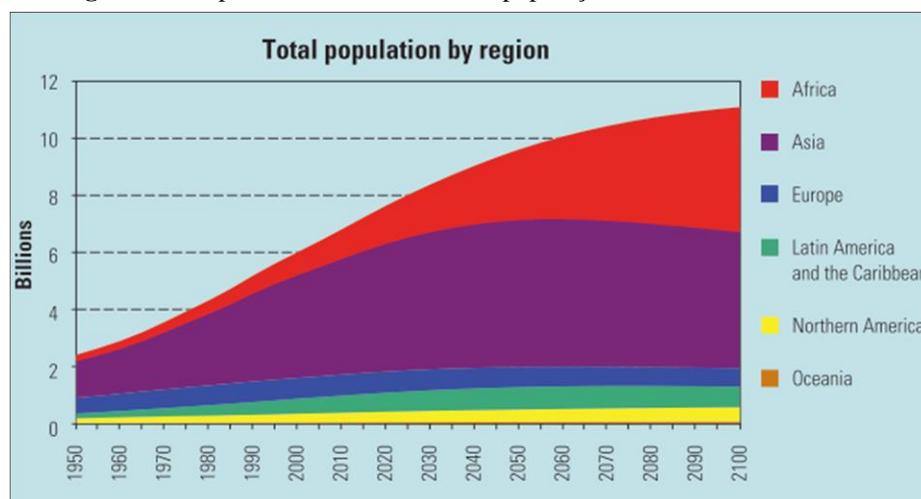
No ano de 2017, a ABPA registrou a exportação de 4,320 milhões de toneladas de carne de frango do Brasil. Este *ranking* é seguido pelos Estados Unidos com 3,317 milhões de toneladas, União Europeia com 1,367 milhões de toneladas, Tailândia e China com 827 e 437 mil toneladas, respectivamente.

A grande notabilidade do Brasil na exportação mundial de carne de frango se dá devido à sua capacidade de produzir essa proteína com preços altamente competitivos comparados a outros mercados mundiais. No ano de 2017, 33,1% da produção de carne de frango brasileira foi exportada e 66,9% foi destinada ao consumo interno, que tem aumentado ao longo dos anos. Registrou-se no ano de 2017 o consumo interno per capita

de 42,07 kg, número 2,36% maior que o registrado no ano de 2016 e 12% a mais que o consumo de 10 anos antes (ABPA, 2018).

Aliado ao aumento do consumo per capita da carne de frango, cabe ressaltar que a expectativa de vida da população mundial vem aumentando, fato este que se traduz em crescimento da população mundial, mostrada na Figura 1 (ONU, 2017). Nesse sentido, a demanda por proteína animal acompanhará o crescimento populacional e mercados importantes como o continente Africano, que é responsável pela compra de 32,49% das exportações de carne de frango brasileira, indubitavelmente necessitará aumentar sua demanda de proteína animal. Não menos importante que o mercado africano, a União Europeia é responsável pela importação de 18,94% da carne de frango nacional, seguidos de Oriente Médio e Ásia, que são responsáveis por importar 5,92% e 4,52%, respectivamente da carne de frango produzida no Brasil (ABPA, 2018).

Figura 1. Perspectiva de crescimento da população mundial nos continentes.



Fonte: ONU, 2017.

No entanto, apesar de permanecer com uma larga escala de produção, a avicultura brasileira recentemente passou por alguns entraves que geraram grandes prejuízos ao setor. Segundo a ABPA (2018), os embarques à União Europeia caíram cerca de 40% no ano de 2017. Entretanto, mesmo diante destas grandes adversidades, o setor avícola brasileiro tem retomado, aos poucos, importantes mercados consumidores, comprovando credibilidade e qualidade em sua produção.

Mesmo diante de tamanhos desafios, o setor avícola, dentre os setores agropecuários, é extremamente dinâmico em sua escala produtiva, pois melhoramentos genéticos corroboraram para tornar a ave pronta ao abate cada vez mais jovem,

aumentando, assim, a escala produtiva e gerando maiores lucros a essa atividade em função de seu melhor desempenho em tempo reduzido. Além do melhoramento genético, a nutrição e a sanidade contribuíram para o excelente desempenho da avicultura brasileira, cabendo ainda ressaltar a importância da tecnologia empregada nesse processo, visando a redução dos custos e o aumento do bem-estar das aves (Espindola, 2012).

De acordo com Oliveira & Nääs (2012), o uso da inovação e da tecnologia são os principais fatores responsáveis pelo bom desempenho da produção de frango de corte no Brasil. Patricio et al. (2012) relatam que a melhoria genética, o controle sanitário, melhorias na nutrição e de manejo foram fatores determinantes para a evolução da avicultura brasileira.

Entretanto, nem tudo ocorreu conforme os planos das empresas de melhoramento, pois uma potencial adversidade surgiu em consequência do melhoramento genético. Siller (1985) já associava a seleção genética a ocorrência de problemas musculares, edema nas pernas, miopatia focal, miopatia peitoral profunda e distrofia muscular em frango de corte e perus. Mais recentemente, o fator genético continua sendo a provável causa de duas miopatias emergentes denominadas *white striping* e *wooden breast* que afetam o músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) e outros músculos (Kuttappan et al., 2012, 2013; Lorenzi et al., 2014).

Dessa forma, as miopatias têm gerado prejuízos em larga escala à cadeia avícola mundial, pois alteram as características visuais e qualitativas da carne das aves e tem sido, sobremaneira, evidenciada por órgãos fiscalizadores e consumidores, tornando-se dessa forma, uma condição potencialmente desfavorável à avicultura nacional e mundial.

MIOPATIAS EM FRANGOS DE CORTE

Durante muitos anos, a seleção de aves concentrou-se na velocidade do crescimento muscular, produzindo melhorias no crescimento que resultaram em consequências à estrutura muscular, metabolismo e qualidade da carne das aves Dransfield & Sosnicki (1998).

Mediante consideráveis avanços genéticos na avicultura, principalmente na cadeia de frango de corte, as características do tecido muscular e da qualidade de carne das aves de corte têm sido, nos últimos anos, estudadas exaustivamente devido às transformações ocorridas nesse produto, sobretudo na última década. Kuttappan et al. (2013) por exemplo, identificaram que a ocorrência de *white striping* é resultante de uma degeneração da fibra muscular resultando em alterações significativas quanto ao aspecto

qualitativo da carne, tais como aumento do pH final, índices de coloração e perda ao cozimento (Mudalal et al., 2014; Mazzoni et al., 2015; Trocino et al., 2015) quando comparado a peitos de frangos sem a ocorrência dessa miopatia.

O *wooden breast* também proporciona alterações na aparência e qualidade da carne, pois essa miopatia apresenta miodegeneração polifásica com regeneração e acúmulo de tecido conjuntivo ou fibrose na análise histológica (Sihvo et al., 2014; Velleman & Clark, 2015). A perda de água durante o cozimento e força de cisalhamento foram maiores quando comparado a peitos de aves sem a miopatia (Mudalal et al., 2014; Trocino et al., 2015).

Essas anormalidades conferem alterações na aparência do produto final facilmente identificadas pelo consumidor. Em estudo realizado por Kuttappan et al. (2012), os autores concluíram que a aceitação da carne de frango com a miopatia denominada *white striping* é menor devido a suas características, sendo que mais de 50% dos consumidores provavelmente ou definitivamente não comprariam esse produto devido à presença de listras brancas com aparência mais gordurosa ou marmorizada no produto.

No entanto, essa rejeição não se dá apenas a carnes com características de *white striping*, pois outra condição miopática denominada *wooden breast* também confere características sensoriais alteradas à carne do peito de frango. Carcaças acometidas por essas miopatias apresentam uma aparência prejudicada, aumentando as condenações de carcaças e diminuindo a aceitabilidade ao produto, resultando, conseqüentemente, em perdas econômicas a toda a cadeia produtiva de aves (Zambonelli et al., 2016). Nesse mesmo sentido, Sihvo et al. (2014) alegaram que além das perdas econômicas notáveis em decorrência das miopatias, há também um possível problema de bem-estar das aves, no entanto, não há relatos na literatura que confirmem ou mensurem o bem-estar das aves acometidas por estas alterações.

Ainda que não exista no Brasil legislação específica que ampare a condenação legal de produtos advindos da carne de aves acometidas por *white striping* e *wooden breast*, a fiscalização federal se rege diante o Regulamento e Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 2017) para determinar os critérios de julgamento para carcaças com anormalidades.

O RIISPOA é o regulamento que especifica os critérios de condenações e destinações de carcaças de animais abatidos em abatedouros sob inspeção federal, estadual ou municipal que tenham quaisquer alterações, sendo de origem patológicas ou

não. Sua primeira versão data do ano de 1950, em 2017 passou por uma atualização. Entretanto, mesmo em sua revisão não há destinações específicas para carcaças acometidas por *white striping* e *wooden breast*, tornando os critérios de destinos destas carcaças acometidas por essas alterações subjetivos.

Sabe-se que o surgimento destas alterações no setor avícola mundial tem gerado perdas financeiras em larga escala ao setor. De acordo com Kuttappan et al. (2016), essas perdas excedem U\$ 200 milhões de dólares ao ano à indústria dos Estados Unidos devido à diminuição de rendimento do produto (por exemplo: corte, perda por gotejamento, perda no cozimento, perda de valor e até mesmo condenações/descarte desse produto). Na Europa e nos Estados Unidos, a redução da qualidade e da aceitação do consumidor devido as condições de *wooden breast* estão causando impactos econômicos consideráveis para a indústria processadora de carne de frango (Petracci et al., 2015).

No Brasil há poucos dados referente a estas perdas econômicas, no entanto, em estudo realizado por Zanetti et al. (2018) por um período aproximado de quatro meses, em um abatedouro de aves no estado do Rio Grande do Sul, sob fiscalização federal, com abate médio de 260 mil aves/dia, estimaram que as perdas financeiras devido às condenações por miopatias, especificamente *white striping* e *wooden breast*, excederam os R\$ 215.000,00 no período de estudo, o que equivaleria a perdas anuais na ordem de R\$ 645.000,00. Os autores relataram ainda, que essas miopatias são responsáveis por 1% da condenação diária no abatedouro, sendo uma das principais causas dentre as condenações.

Entretanto, a subjetividade na identificação e caracterização da severidade de graus de *white striping* nos abatedouros frigoríficos, tornam as estimativas de perdas financeiras igualmente subjetivas. Ferreira et al. (2014) em estudo realizado no sul do Brasil, identificaram que 9,84% de um total de 25.520 aves abatidas com 42 dias de idade apresentaram algum escore de *white striping*, sendo 7,38% com escore moderado e 2,46% com escore severo. Já os resultados encontrados por Kuttappan et al. (2013) em estudo similar, no entanto, com abate de aves entre 59 a 63 dias de idade, concluíram que 55,8% das aves abatidas apresentavam algum grau de *white striping*, sendo 47,5% e 8,3% com os graus moderado e severo, respectivamente. Desta forma, as estimativas de perdas financeiras variam tanto quanto a subjetividade da avaliação dos escores desta miopatias.

Devido à tamanha importância na atividade avícola em função de elevadas perdas, sobretudo, financeiras à agroindústria avícola, as miopatias *white striping* e *wooden*

breast têm sido amplamente estudadas no meio científico a fim de mitigar seus efeitos e elucidar suas causas.

Os primeiros estudos relacionados à miopatia denominada *white striping* foram realizados por Kuttappan e colaboradores nos idos anos de 2009. Na ocasião os pesquisadores observaram que os graus dessa miopatia variaram de acordo com a linhagem e o sexo das aves, ao passo que a qualidade da carne não sofreu alteração devido a presença da condição miopática.

De acordo com Kuttappan et al. (2016), a presença dessas miopatias tem sido relatada em diferentes países do mundo, como Brasil, Finlândia, Estados Unidos, Itália e Reino Unido, o que corrobora para concluir que suas causas não se tratam de pontualidades regionais, mas sim de fatores mais abrangentes, devido à sua distribuição no mundo.

***White striping* (estriação branca)**

Segundo definição de Kuttappan et al. (2016), a miopatia denominada *white striping* é uma condição caracterizada pela ocorrência de estrias brancas paralelas às fibras musculares do peito, coxa e músculos macios de frangos, no entanto, sua ocorrência nos filés e músculos das coxas são mais evidentes, ao passo que são menos aparentes nos tendões e nas sobrecoxas (Kuttappan et al., 2013a).

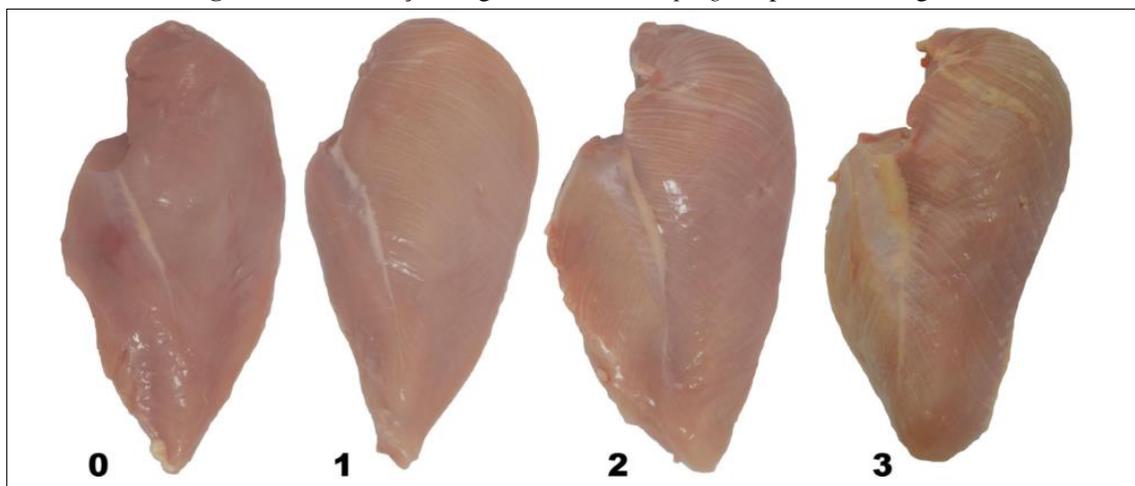
A miopatia *white striping* não é uma condição exclusiva de frangos de corte, visto que Soglia et al. (2018) relataram a ocorrência desta miopatia em peitos de perus com alterações semelhantes às relatadas por Kuttappan et al. (2016). No entanto, os impactos negativos devido ao surgimento de *white striping* em peitos de perus não são preocupantes a esse setor, visto que a ocorrência de estrias brancas em peitos de perus parece não influenciar de forma negativa a percepção dos consumidores, devido a essa carne não ser vendida como peça inteira, mas sim fatiada ou até mesmo produtos prontos para consumo (Remignon, 2004).

Essa condição é vista principalmente em filés de peito crus e segundo estudos apresentam característica histopatológica com lesões musculares caracterizadas por degeneração de fibras musculares juntamente com aumento de gordura (lipidose) e tecido conjuntivo (fibrose) (Kuttappan et al., 2009).

De acordo com Kuttappan et al. (2009), a miopatia *white striping* apresenta diferentes graus de severidade, conforme a espessura de linhas brancas aparentes, podendo ser normal, moderada, severa e extrema (graus 0, 1, 2, 3, respectivamente)

(Figura 2). A classificação dos autores determina que linhas brancas com espessuras maiores que 2 mm são classificadas como extremo, com espessura entre 1 a 2 mm são classificadas como severa, enquanto que espessura inferiores a 1 mm são classificadas como moderada e a ausência de linhas brancas é considerada normal. A localização destas estrias se inicia na porção cranial do filé de peito e se estendem pelo peito, perto do ponto de fixação da asa (Ferreira et al., 2014).

Figura 2. Classificação de graus de *white striping* em peitos de frangos.



Fonte: Kuttappan et al. (2016).

Embora as características macroscópicas e/ou histológicas das miopatias modernas sejam semelhantes a algumas das condições conhecidas, tais como distrofia muscular hereditária, miopatia nutricional, miopatias tóxicas e marmorização, o *white striping* e *wooden breast* podem ter uma etiologia diferente (Kuttappan et al., 2016). Entretanto, embora ocorra essa similaridade nas lesões macroscópicas e microscópicas mesmo diante de possíveis causas diferentes, as respostas musculares diante destas alterações agem de maneira similar, independentemente de sua etiologia (Kuttappan et al., 2016).

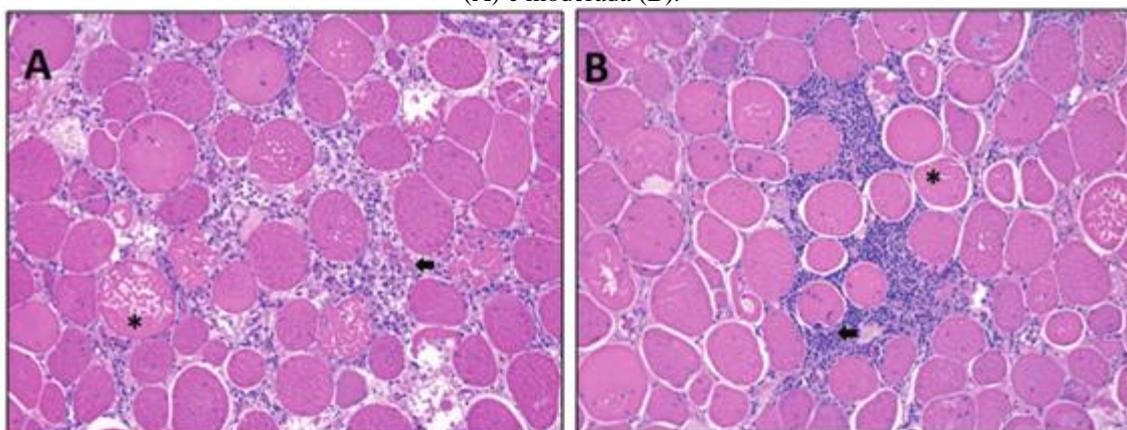
Em observação microscópica, Kuttappan et al. (2013) observaram que há aumento de escore de lesões degenerativas ou necróticas, fibrose e lipidose a medida que o grau de distribuição de *white striping* aumenta de normal para severo. Além disso, observaram um acréscimo no teor de gordura e decréscimo no teor de proteína do músculo *Pectoralis major* a medida que o grau de estriações brancas aumentou, sugerindo uma substituição de tecido proteico por tecido lipídico no músculo peitoral. As razões pelas quais as estriações brancas estão ocorrendo podem ser devido a uma maior taxa de degradação

muscular que deixa espaço para a deposição e mobilização de gordura (Vignale et al., 2016).

Ainda segundo esses pesquisadores, em análise histopatológica em peitos de frangos de corte, foram observadas diversas alterações nos tecidos musculares acometidos por diferentes graus de *white striping*, dentre elas: lesões miopáticas degenerativas profundas, substituição do músculo lesionado cronicamente por adipócitos e fibrose no tecido muscular acometido com grau 3 de *white striping*. Além disso, foi observada degeneração flocular, lise, mineralização leve, regeneração ocasional, inflamação intersticial juntamente com fibrose e edema multifocal com infiltração de células de defesa como linfócitos e macrófagos, além de fibras musculares rompidas sofrendo fagocitose.

Estudos conduzidos por Ferreira et al. (2014), identificaram que lesões moderadas e severas apresentaram diferenças na integridade das fibras musculares, com evidencia de degeneração miofibrilar e necrose multiforme moderada ou necrose difusa e forte em casos mais graves (Figura 3), onde identificou-se a secção ventral do músculo da parte lateral do peito acometida por forte necrose difusa da miofibrila, indicada por um asterisco (*), enquanto que a seta indica infiltração de macrófagos, poucos heterófilos e fagocitose do restante das miofibrilas. A Figura 3 B exibe a secção ventral do músculo da parte dorsal do músculo peitoral com necrose moderada e multifocal da miofibrila. A seta indica infiltração de macrófagos, poucos heterófilos e fagocitose do restante das miofibrilas.

Figura 3. Miopatia degenerativa: *white striping* em músculo peitoral de frango classificado como grave (A) e moderada (B).



Fonte: Ferreira et al. (2014)

De acordo com estudos de Kuttappan et al. (2012b), uma taxa de crescimento corporal elevada resulta em maior ocorrência de graus mais severos de *white striping* em filés de peito de frangos de corte. Há indícios de maior expressão genética à hipóxia em

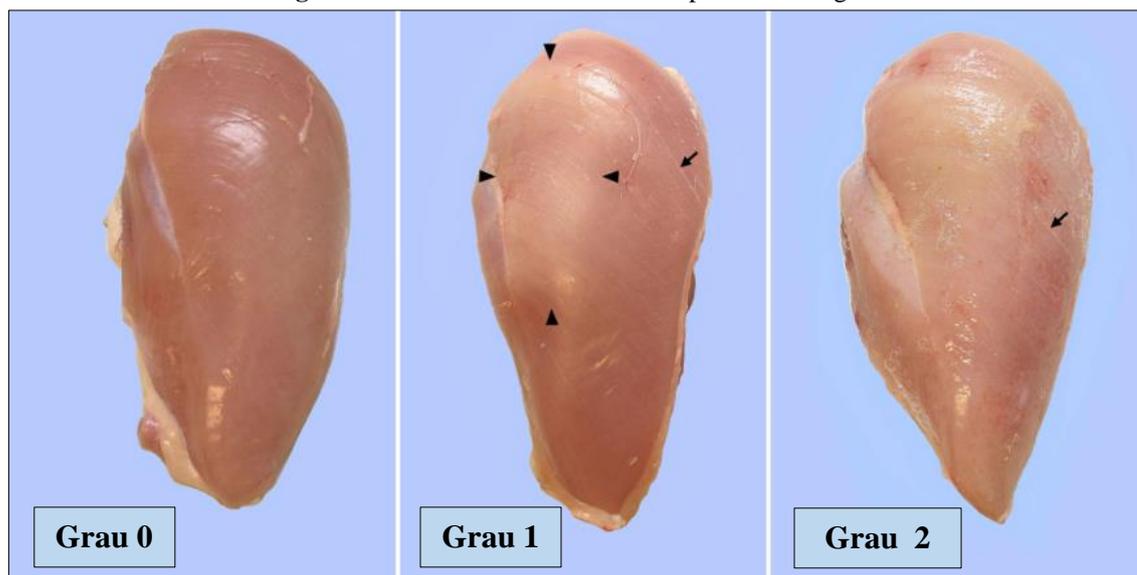
aves acometidas por essa miopatia, porém não está evidenciado se é primário ou secundário à alteração muscular (Mutryn et al., 2015). Nesse sentido, evidencia-se uma compossibilidade entre os avanços genéticos e o surgimento de miopatias, aumentando os desafios ao setor avícola.

Wooden breast (peito amadeirado)

A condição de *wooden breast* também tem ocasionado, assim como o *white striping*, diversos impactos negativos na produção de carne de frango devido a suas características visuais que causam rejeição por parte dos consumidores.

Diversos estudos apontam que essa miopatia promove alterações fisiológicas no músculo *Pectoralis major*, ocasionando alterações na cor e textura (Figura 4) e na composição nutricional no músculo peitoral dos frangos de corte (Soglia et al., 2016). Considerações de Chatterjee et al. (2016) definem a carne acometida por *wooden breast* como sendo endurecida ao toque e apresentam “cristas” endurecidas ao longo da porção ventral do peito das aves.

Figura 4. Graus de *wooden breast* em peitos de frangos.



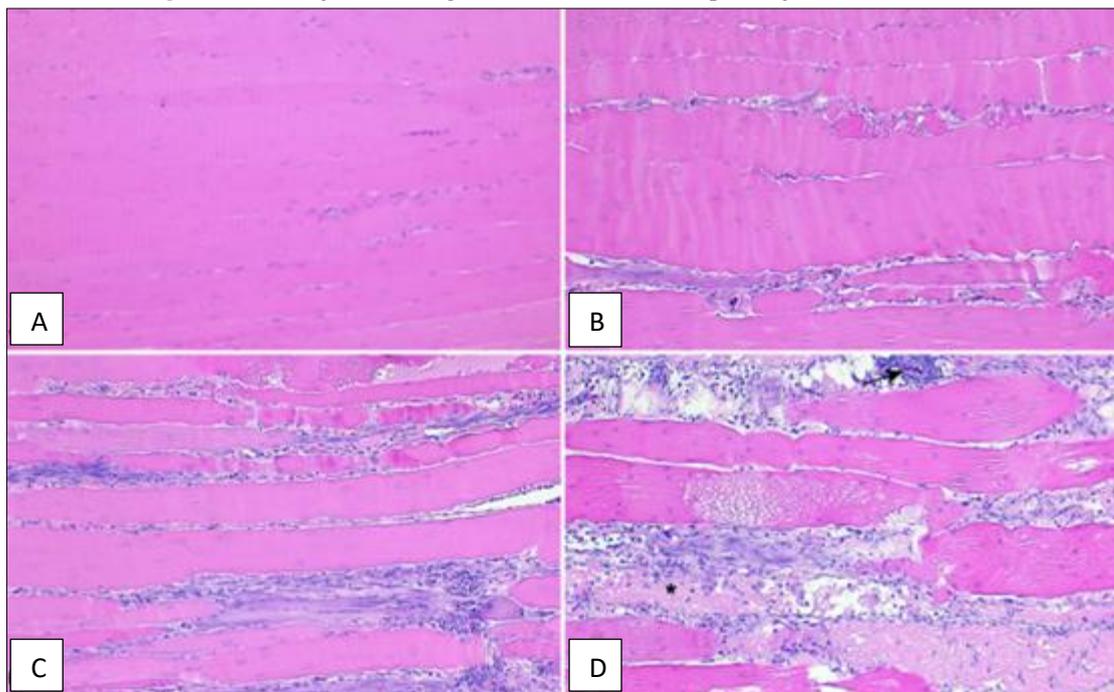
Fonte: Adaptado de Sihvo et al. (2017).

Dessa forma, com o intuito de definir os diferentes graus dessa miopatia de forma mais clara e objetiva, Sihvo et al. (2017) classificaram a miopatia *wooden breast* em três diferentes graus, sendo o grau 0 o músculo não afetado pela miopatia, sem alteração de cor e consistência. O grau 1 caracteriza-se pela presença focal da miopatia *wooden breast*, com consistência endurecida e cor pálida, sendo afetada a área cranial do músculo

(indicada pelas setas), que é cercada por músculo não afetado, além de presença concomitante da miopatia *white striping* indicada pela seta a direita (Figura 4). E por fim, os autores classificaram ainda um segundo grau de *wooden breast*, ao qual definiram como “difuso”, pois a musculatura se encontra pálida e apresenta-se endurecida ao longo de toda sua superfície com presença de *white striping* de grau 1 (indicado pela seta).

Sihvo et al. (2017) avaliaram ainda as características histológicas em peitos de frangos acometidos por *wooden breast* e observaram achados importantes que esclareceram os impactos prejudiciais às células musculares do músculo *Pectoralis major* (Figura 5). Quanto a estas características os autores estabeleceram 4 graus distintos de acordo com a severidade da miodegeneração, sendo o grau 0 a ausência de miodegeneração (Figura 5A), enquanto que no grau 1 algumas fibras miodegenerativas estão presentes entre fibras íntegras (Figura 5B). No grau 3, diversas fibras degenerativas e regenerativas estão presentes e as miofibras apresentam-se ligeiramente separadas pelo acúmulo de material eosinofílico acelular, tecido conjuntivo frouxo e leve infiltração celular (Figura 5C). No grau 4, há uma extensa degeneração das fibras musculares, acompanhada de regeneração. O interstício é expandido por material eosinofílico acelular (asterisco) e tecido fibroso frouxo e organizado, além de um infiltrado celular envolvendo uma veia (seta) (Figura 5D).

Figura 5. Alterações histológicas em decorrência da presença de *wooden breast*.



Fonte: Adaptado de Sihvo et al. (2017).

Estudos realizados por Kuttappan et al. (2016), comprovaram que as características visuais em peitos de frangos acometidos por *wooden breast* são facilmente identificadas quando comparadas a peitos de aves não acometidas por essa miopatia. Experimento realizado pelos autores conduziu a conclusão de que a maciez do peito de frango é consideravelmente alterada quando realizada o teste de compressão do mesmo.

O diagnóstico da miopatia *wooden breast* pode ser realizado por diferentes métodos, no entanto a palpação manual do músculo peitoral é o mais utilizado, entretanto, este método só é eficaz em casos elevados de miodegeneração peitoral (Abasht et al., 2016). A ultrassonografia é uma alternativa mais precisa para o diagnóstico de *wooden breast*, porém, comparado ao método de palpação manual, este dispense de investimento financeiro o que o torna muito pouco utilizado.

Estudos realizados por Soglia et al. (2016) a fim de identificar parâmetros de qualidade da carne em peitos acometidos por *wooden breast* e *white striping* concluíram que músculos peitorais acometidos por estas miopatias apresentaram lesões histológicas mais severas, caracterizadas por degeneração de fibras, fibrose e lipidose, juntamente com uma textura significativamente mais dura. Além disso, observaram ainda aumento nos níveis de cálcio e sódio, além de maior pH final e menor capacidade de retenção final de água. Desta forma, os autores concluíram que peitos de frangos acometidos por estas

alterações miopáticas apresentam menor valor nutricional, textura mais endurecida e capacidade de retenção de água prejudicada.

Diante de tamanho impacto negativo ao setor avícola, fica evidente que ambas miopatias, *white striping* e *wooden breast*, devem ser cada vez mais estudadas a fim de mitigar seus prejuízos.

Efeitos na qualidade da carne

O tecido muscular esquelético compõe a maior parte da musculatura das aves, sendo responsável por 30-40% do peso corporal e, não por acaso, vem sofrendo profundas mudanças ao longo do intenso processo de melhoramento genético das espécies comerciais (Macari et al., 2017). De acordo com Stringhini et al. (2003), a constante busca da melhoria do material genético das linhagens é o que impulsiona a evolução e a competitividade avícola brasileira, pois ao identificarem linhagens com características superiores em relação a outras selecionam-se não somente aves com melhores desempenhos, mas com rendimentos de carcaças e de cortes superiores.

Dentre esses avanços genéticos, o músculo peitoral apresentou alterações com o intuito de aumentar seu rendimento através da hipertrofia de suas fibras musculares. As miofibras ocupam de 75 a 92% do volume do músculo, sendo o restante preenchido por vasos sanguíneos, tecido conjuntivo, fluidos extracelulares e nervos (Macari et al., 2017). No entanto, o aumento do diâmetro destas fibras ocasionou uma deficiência no aporte nutricional devido a redução da irrigação sanguínea, gerando um aumento da degeneração muscular, sendo esta consequência, evidenciada nas miopatias.

Além de pesquisas relacionadas às linhagens, as indústrias adotam como medidas de aumento de produtividade a sexagem das aves. Stringhini et al. (2003) por exemplo, identificaram que frangos de corte machos tiveram desempenho e peso de carcaça superiores às fêmeas, no entanto as características de rendimento da carcaça mostraram-se semelhantes. De acordo com Macari et al. (2017) o crescimento muscular da ave é amplamente influenciado pelos níveis circulantes de alguns hormônios, especialmente o hormônio do crescimento (GH) e a insulina. Nesse sentido, os autores complementam que em aves jovens, o hormônio do crescimento é secretado em pulsos com intervalos regulares a cada 60-90 minutos, no entanto em aves adultas e nas fêmeas esse padrão de secreção é bem menos intenso. Dentro da mesma linhagem, a concentração plasmática de GH é positivamente relacionada às taxas de crescimento corporal (Macari et al., 2017).

De certa maneira, isso justifica o fato de frangos machos serem mais pesados do que as fêmeas.

É evidente que os avanços genéticos predispueram o aumento da produtividade, no entanto, consequências indesejáveis também chegaram ao consumidor. Fatores como preço, características nutricionais e, sobretudo o aspecto visual da carne ainda são elementos preponderantes na escolha do consumidor, que atribui e definem a essas condições a qualidade do produto. De acordo com estudos de Rosa et al. (2013), os fatores determinantes para o consumo de carne de frango são a aparência, a cor, o sabor, aspectos nutritivos, praticidade de preparo, custo e variedade de cortes, dentre outros.

Posto visto que as miopatias alteram as condições visuais da carne de frango e isso tem impactos negativos à indústria avícola, Kuttappan et al. (2013b) comprovaram que essas alterações excedem os danos visuais e afetam características químicas da carne. Os autores observaram que aves acometidas pelo grau severo de *white striping* aumentaram a deposição de gordura intramuscular com um perfil diferente de ácidos graxos quando comparadas com aves sem a condição dessa miopatia. Mudalal et al. (2014), em estudo semelhante, também observaram divergência em parâmetros químicos de peitos acometidos pela mesma miopatia ao identificarem que estes filés possuíam menor teor de proteína e cinzas, maior percentagem de umidade, colágeno e gordura intramuscular, além de menor funcionalidade proteica, o que impacta diretamente em maior perda ao cozimento.

Soglia et al. (2016), também identificaram alterações de aumento de umidade, gordura e colágeno, além de diminuição no teor de proteína, não somente em peitos de frangos acometidos por *white striping*, mas também em aves acometidas pela condição de *wooden breast*. Ao estudarem os efeitos prejudiciais ocasionados por *wooden breast*, Dalle Zotte et al. (2017) concluíram que as características qualitativas da carne com miopatia são alteradas devido a miodegeneração das fibras musculares do peito. Contrariando esses achados, Soglia et al. (2017) não observaram resultados divergentes em pH, cor, perda de líquido por cozimento e força de cisalhamento em peitos de perus acometidos ou não por *white striping*.

Quanto às características de coloração, Kuttappan et al. (2011), não identificaram qualquer relação significativa entre os parâmetros de L* (luminosidade) e a* (intensidade de vermelho) em peitos acometidos por *white striping*, entretanto observaram que quanto maior o grau desta miopatia, maiores foram os valores de b* (intensidade de amarelo). Os autores ainda constataram que não houve diferença significativa nos valores de pH em

peitos acometidos ou não por *white striping*. Kuttappan et al. (2012) atribuem a diferença nos valores de b^* à maior porcentagem de gordura, porém, concluíram que mais estudos deveriam ser realizados a fim de identificar de forma mais clara as razões dessa diferença. Em contrapartida, Kuttappan et al. (2012) e Bowker & Zhuang (2016) observaram resultados significativamente menores de pH em peitos normais quando comparados aos acometidos por “estriações brancas”, mas também não observaram diferenças nos aspectos de coloração (L^* , a^* e b^*).

Em condições normais o pH inicial do músculo de frangos é de aproximadamente 7,0 e com a instalação do *rigor mortis* decai para aproximadamente 5,8 (Shimokomaki et al., 2006). Entretanto os autores relatam que estes valores podem variar entre os extremos de 5,5 e 6,3, sendo essa alternância em função de diferenças na prática de manejo pré-abate, fisiologia e bioquímica da carne. Em estudos de Bowker & Zhuang (2016) foi constatado filés de frangos acometidos por *white striping* de grau moderado e severo, valores de pH 5,95 e 5,97, respectivamente, ao passo que em filés de frango sem a presença da miopatia, depararam-se com um pH de 5,86. Trocino et al. (2015) também observaram aumento de pH em peitos acometidos por esta miopatia, além de alterações na coloração, menor a^* e b^* , concluindo que a ocorrência de *white striping* alteram estes parâmetros na carne de frangos.

A seleção genética para ganho de peso e em busca de maior rendimento de peito é a hipótese com maior suporte para justificar o surgimento dessas miopatias emergentes (Mudalal et al., 2015). No entanto, ainda há poucos trabalhos na literatura que versam sobre as possíveis causas do surgimento das miopatias, embora existam muitos grupos de pesquisas estudando os principais pontos críticos que possam conduzir a ocorrência e maior severidade dessas miopatias, as possíveis causas não foram elucidadas até o momento.

De acordo com estudos de Taha et al. (2011), o sexo das aves também exerce efeito sobre o peso corporal, taxa de crescimento, consumo de ração e conversão alimentar, bem como de qualidade de carcaça. Estudos conduzidos por Marcu et al. (2013) relatam que o rendimento de peito de frangos machos foi superior aos das fêmeas. Além disso os autores concluíram que a linhagem também exerce efeito no rendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASHT, B.; MUTRYN, M.F.; MICHALEK, R.D.; LEE, W.R. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens . **Plos One**, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acessado em 06 de dezembro de 2018.

ALNAHHAS, N., BERRI, C., CHABAUT, M., CHARTRIN, P., BOULAY, M., BOURIN, M. C., & LE BIHAN-DUVAL, E. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. **BMC Genetics**, v.17, n. 1, p. 61, 2016.

BAUERMEISTER, L. J.; MOREY, A. U.; MORAN, E. T.; SINGH, M.; OWENS, C. M.; and MCKEE, S.R. Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. **Poultry Science**, 2009.

BRASIL. Presidência da República. RIISPOA, p. 1–77, 2017. Disponível em: http://abrafrigo.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Decreto-n%C2%BA-9.013_29_03_17_NOVO-REGULAMENTO-RIISPOA.pdf. Acessado em 03 de abril de 2019.

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat1. **Poultry Science**, v. 95, p. 1957-1965, 2016.

CHATTEREE, D.; ZHUANG, H.; BOWKER, B. C.; RINCON, A. M.; SANCHEZ-BRAMBILA, G. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. **Poultry Science**, 2016.

DALANEZI, J.A.; MENDES, A.A.; GARCIA, E. A.; GARCIA, R. G. MOREIRA, J.; TAKITA, T. S.; PAZ, I. C. L. A. Efeito da idade da matriz sobre o rendimento e qualidade da carne de frangos de corte. **Ciência e Tecnologia**, 2005.

DALLE ZOTTE, A.; TASONIERO, G.; PUOLANNE, E.; REMIGNON, H.; CECCHINATO, M.; CATELLI, E.; CULLERE, M.. 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, 2017.

DICKINSON, E.M.; STEVENS, J.O.; HELFER, D.H. A degenerative myopathy in turkeys, **Western Poultry Disease**, 1986.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship Between Muscle Growth and Poultry Meat Quality. **Poultry Science**, 1998.

ESPÍNDOLA, C.J. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Geosul**, v. 27, n.53, 2012.

FERREIRA, T. Z.; CASA GRANDE, R. A.; VIERA, S.L.; DRIEMEIER, D.; KINDLEIN, L. An investigation of a reported case of white striping in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p. 748–753, 2014.

HARPER, J. A.; PARKER, J. E. Hereditary muscular dystrophy in the domestic turkey. **Journal of Heredity**, v. 58, p.189-193, 1967.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B.; MAUROMOUSTAKOS, A.; MCKEE, S. R.; EMMERT, J. L.; MEULLENET J. F.; OWENS, C. M. Estimation of factors associated with the occurrence of WS in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v.92, p. 811–819, 2013.

KUTTAPPAN, V. A.; LEE, Y. S.; ERF, G. F.; MEULLENET, J.F.C.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science**, v.91, p.1240–1247, 2012b.

KUTTAPPAN, V. A.; BREWER, J. K.; WALDROUP, P. W.; OWENS, C. M. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v.91, p.2677–2685, 2012a.

KUTTAPPAN, V. A.; SHIVAPRASAD, H. L.; SHAW, D. P.; VALENTINE, B. B.; HARGIS, F. D.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, p.331–338, 2013a.

KUTTAPPAN, V. A.; HUFF, G. R.; HULFF, W.E.; HARGIS, B.M.; APPLE, J. K.; COON, C.; OWENS, C. M. 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, 2013b.

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, p. 2724 - 2733, 2016.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R., MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L.; OWENS, C. M. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. **Poultry Science**, v. 88, p.136–139, 2009.

LORENZI, M. S.; MUDALAL, C.; CAVANI, AND M. PETRACCI. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p. 754–758, 2014.

MAZZONI, M. M.; PETRACCI, A.; MELUZZI, C.; CAVANI, P.; CLAVENZANI, AND SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, p.123– 130, 2015.

MUDALAL, S.; BABINI, E.; CAVANI, C.; PETRACCI. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white Striping. **Poultry Science**, v. 93, p.1–9, 2014.

MUDALAL, S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**, v. 9, p. 728-734, 2015.

MUTRYN, M. F. et al., Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA sequencing. **BMC Genomics**, London, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.

NOY, Y.; SKLAN, D. Posthatch development in poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, p.344 - 354, 1997.

OLIVEIRA, D.R.M.S. & NÄÄS, I.A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. **In: International conference advances in production management systems**, Rhodes, 2012.

ONU. World population 2017. United Nations, p. 1, 2017. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>. Acessado em 02 de janeiro de 2019.

PATRÍCIO, I.S.; MENDES, A.A.; RAMOS, A.A.; PEREIRA, D.F. Overview on the Performance of Brazilian Broilers (1990 to 2009). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n.4, p. 233-304, 2012.

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, M. 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, 2019.

PETRACCI, M., S. MUDALAL, F. SOGLIA, AND C. CAVANI. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v.71, p.363–374, 2015.

REMIGNON, H. Production of turkeys, geese, ducks and game birds in Poultry meat processing and quality. **Woodhead**, 2004.

ROSA, C.O.; CIVARDI, J.F.D.; SCHLINDWEIN, M.M.; GARCIA, G.G. Bem-estar na produção de aves e suínos: uma análise teórica. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 451, 2013.

SIHVO, H. K., LINDEN, N., AIRAS, N., IMMONEN, K., VALAJA, J., POULANNE, E. Wooden Breast Myodegeneration of Pectoralis Major Muscle Over the Growth Period in Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 54, p. 119 - 128, 2017.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**. v. 51, p. 619 - 623, 2014.

SILLER, W. G. Deep pectoral myopathy: a penalty of successful selection for muscle growth. **Poultry Science**, v. 64, p.1591– 1595, 1985.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. **São Paulo: Livraria Varela**, p. 236, 2006.

STRINGHINI J.H., LABOISSIÈRE M., MURAMATSU K., LEANDRO N.S.M., CAFÉ M.B. Avaliação do desempenho e rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte criadas em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.183-190, 2003.

SOGLIA, F.; S. MUDALAL, E.; BABINI, M.; DI NUNZIO, M.; MAZZONI, F.; SIRRI, C.; CAVANI, PETRACCI. M. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, 2016.

SOGLIA, F.; BOLDI, G.; LAGLHI, L.; MUDALAL, S.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Effect of white striping on turkey breast meat quality. **Animal**, p. 1 – 7, 2018.

TROCINO, A. A.; PICCIRILLO, M.; BIROLO, G.; RADAELLI, D.; BERTOTTO, E.; FILIOU, PETRACCI, M. 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, p. 2996–3004, 2015.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. **Avian Diseases**, v. 59, p. 410–418, 2015.

VIGNALE, K.; CALDAS, J.V.; ENGLAND, J.A.; BOONSINCHAI, N.; MAGNUSON, A.; POLLOCK, E. D.; DRIDI, S.; OWENS, C.M.; COON, C.N. Effect of white striping myopathy on breast muscle (*Pectoralis major*) protein turnover and gene expression in broilers. **Poultry Science**, v, 0, p, 1-8, 2016.

ZOMBOLINELLI, P.; ZAPPATERRA, M.; SOGLIA, F.; PETRACCI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; DAVOLI, R. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping – Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v.0, p. 1–15, 2016.

ZANETTI, M. A.; TEDESCO, D. C.; SCHNEIDER, T.; TERIXERA, S, T.F.; DAROIT, L.; PILOTTO, F.; DICKEL, E. L.; SANTOS, S. P.; SANTOS, L. R. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 39, p. 887-892, 2018.

CAPÍTULO 2

OCORRÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DAS MIOPATIAS *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE

Artigo redigido e formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia
(ISSN: 1806-9290, Fator de impacto: 0,735 e Qualis: B1)

Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – UFGD): Nº de protocolo 17/2018.

RESUMO

SANTOS, F. A. B. **Ocorrência e desenvolvimento de miopatias *White striping* e *Wooden breast* em peitos de frangos de corte.** 2019. 65 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Objetivou-se com este trabalho, investigar a ocorrência e desenvolvimento, bem como correlacionar a incidência de *white striping* e *wooden breast* entre machos e fêmeas. Desta forma, foi conduzido um experimento no aviário experimental de frango de corte em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 960 pintos de um dia da linhagem Cobb[®], sendo 480 pintinhos de cada sexo, com 12 repetições por tratamento e 40 aves por repetição e alojadas nos boxes após pesagem inicial e uniformização dos pesos. Um total de 36 aves por tratamento foram abatidas semanalmente a partir de 21 até aos 49 dias de idade. Foram avaliados a ocorrência das miopatias, seus escores e sua evolução ao longo da idade das aves entre machos e fêmeas, bem como peso vivo, peso de peito, medidas físicas do peito (comprimento, largura e espessura), pH, coloração (L*, a* e b*), perda por gotejamento, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento. Os resultados demonstram que o sexo das aves não interferiu na ocorrência das miopatias *wooden breast* e *white striping*, no entanto foi observado que os graus das miopatias evoluíram de acordo com o avançar da idade, sugerindo que peso é um fator de predisposição a ocorrência destas miopatias. O surgimento da miopatia *white striping* se deu de forma precoce, sendo identificada já na terceira semana de vida das aves. O desenvolvimento de *wooden breast* não ocorreu de forma isolada, sendo presente apenas na presença concomitante com *white striping*. Os peitos acometidos por *wooden breast* associado a *white striping* modificaram as características de qualidade da carne, aumentando as perdas por gotejamento e perda de peso por cozimento.

Palavras chaves: idade, degeneração muscular, qualidade da carne, peito estriado e peito amadeirado.

ABSTRACT

SANTOS, F. A. B. **Occurrence and development of *white striping* and *wooden breast* myopathies on broilers breasts.** 2019. 65 p. Dissertation (master's degree) – Faculty of Agrarian Sciences, Federal University of Grande Dourados.

The objective of this work was to investigate the occurrence and development, as well as to correlate the incidence of white striping and wooden breast between males and females. Thus, there was carried out an experimental at broiler aviary in a completely randomized design, using 960 day-old chicks, Cobb strain, in which 480 chicks were of each sex, with 12 replicates per treatment and 40 birds per replicate and housed in boxes after initial weighing and weights standardization. A total of 36 birds per treatment were slaughtered weekly from 21 to 49 days of age. There were evaluated the myopathies occurrence, scores and evolution along the age of males and females birds, as well as live weight, breast weight, breast physical measurements (length, width and thickness), pH, color (L^* , a^* and b^*), drip loss, water retention capacity (WRC), cooking loss (CL) and shear force. The results show that the bird's sex did not interfere in the occurrence of *wooden breast* and *white striping* myopathies. However, there was observed that the myopathy degrees evolved as the age advanced. The appearance of white striping myopathy occurred early, being identified as early as the third week of bird's life. The *wooden breast* development did not occur in isolation, being concomit only in the presence with *white striping*. The breasts affected by *wooden breast* associated with *white striping* modified the quality meat characteristics, increasing drip loss and cooking loss.

Key words: age, muscle degeneration, meat quality, *white striping* and *wooden breast*.

INTRODUÇÃO

O avanço genético, juntamente com as evoluções nutricional, sanitária e tecnológica no seguimento avícola tem proporcionado uma maior produtividade à avicultura mundial, principalmente em aves de corte. Embora tenham ocorrido evoluções ambiental e nutricional, 85 a 90% da evolução ocorrida na avicultura atribuem-se ao melhoramento genético dos frangos de corte (Zuidhof et al., 2014).

No entanto, juntamente com essa evolução genética, surgiram alterações musculares nas aves denominadas de miopatias. Apresentando características macroscópicas facilmente identificadas pelo consumidor, devido a aspectos de coloração e consistência, as miopatias *white striping* e *wooden breast* são as alterações mais comumente observadas em cortes nobres como peito e coxas de frangos de corte. Muitos estudos têm sido realizados para identificar as causas dessas alterações musculares, no entanto, sua etiologia e patogênese são atualmente desconhecidas (Sihvo et al., 2018) e não está claro se ambas as miopatias compartilham etiologia comum (Velleman and Clark, 2015).

De acordo com Joiner et al. (2014), a evolução genética proporcionou um exacerbado crescimento das miofibras, prejudicando a marginalização dos capilares para a troca gasosa e aumento da distância de difusão de oxigênio e vários metabólitos, desencadeando um processo isquêmico muscular. Além disso, estudos histopatológicos de peitos de aves acometidos por *white striping* revelam que além da degeneração das miofibras, ocorrem ainda um aumento de tecido gorduroso (lipidose) e conectivos (fibrose) (Kuttappan et al., 2009) e ambos podem afetar vários parâmetros qualitativos da carne, principalmente coloração e maciez (Kuttappan et al., 2013).

Nesse sentido, Sihvo et al. (2017) identificaram que essas alterações, em casos de *wooden breast*, podem se desencadear em aves extremamente jovens, sendo uma lesão

focal com início em aves com aproximadamente duas semanas de idade e progredindo numa fase crônica e difusa afetando todo o músculo peitoral maior em aproximadamente 5 a 6 semanas (Sihvo et al., 2018).

Kuttappan et al. (2012b) observaram que uma taxa de crescimento corporal elevada resulta em maior ocorrência de graus mais severos de *white striping* em filés de peito de frangos de corte. De acordo com Petracci et al. (2019), filés de peito mais grossos e mais pesados estão correlacionados com a ocorrência e severidade de *white striping*, ao passo que Baldi et al. (2018) correlacionou peso médio de filés de peito não somente com *white striping*, mas também com a presença simultânea com *wooden breast*. Levando o peso das aves em consideração, a sexagem poderia ser uma alternativa para mitigar ou postergar o surgimento dessas miopatias, visto que o peso das fêmeas é inferior às dos machos. De acordo com Api et al. (2017), a sexagem não proporciona diferença significativa no ganho de peso até os 14 dias de idade das aves, no entanto, a partir da terceira semana de vida, os machos apresentaram maior ganho de peso e peso vivo até o abate quando comparado às fêmeas.

Desta forma, objetivou-se neste trabalho identificar a presença, bem como a evolução das miopatias *white striping* e *wooden breast* em frangos de corte e comparar seus graus de severidade e qualidade da carne entre machos e fêmeas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e procedimentos experimentais

Todos os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFGD (nº de protocolo 17/2018). O experimento foi realizado no período entre 16 de abril a 04 de junho de 2018, no Aviário Experimental de Frangos de Corte da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande

Dourados, localizada na cidade de Dourados no estado de Mato Grosso do Sul. Esse aviário possui as dimensões de 50 m de comprimento, 10m de largura e pé direito de 3m, subdividido em 56 boxes com área de 4,2m² cada, equipados com um bebedouro pendular e um comedouro tubular cada, dispendo de cortinas e sobrecortinas, exaustores, ventiladores e placas evaporativas e controle de temperatura tipo pressão negativa, com painel para acionamento dos equipamentos de forma automática.

O sistema de aquecimento inicial foi realizado com a utilização de campânulas com uma lâmpada infravermelha de 250W para cada boxe. O programa de luz adotado foi intermitente, segundo manual de manejo de frangos de corte da linhagem Cobb, utilizando lâmpadas de 40 W, obtendo-se 22 lúmens por m².

Foram alojados 960 pintos de um dia, sendo 480 machos e 480 fêmeas da linhagem Cobb 500[®] após a pesagem inicial e uniformização dos pesos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado composto por dois tratamentos (machos e fêmeas), com 12 repetições por tratamento e 40 aves por repetição dispostos em 24 boxes. As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum* e formuladas de acordo com a fase produtiva (fase inicial, crescimento e final) atendendo as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017). A densidade de aves utilizada foi de 14 aves/m². Os pintainhos foram vacinados no incubatório contra a doença de Marek e Bronquite infecciosa. As demais práticas adotadas no manejo das aves foram de acordo com as recomendações obtidas do manual da Cobb[®]. A cama utilizada foi do tipo casca de arroz sendo esta manejada diariamente.

Aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade todas as aves foram pesadas e três de cada idade por repetição foram selecionadas, com variação de $\pm 10\%$ do peso médio, na qual foram avaliados o peso vivo, rendimento de carcaça e cortes, a ocorrência das miopatias *white striping* e *wooden breast* e qualidade da carne. As aves selecionadas foram

submetidas ao jejum alimentar de oito horas no aviário, acondicionadas em caixas plásticas com capacidade para oito aves e transportadas ao abatedouro experimental da FCA/UFGD.

No processo de abate, as aves foram sacrificadas por secção das veias jugulares e artérias carótidas e sangradas por no mínimo três minutos. A escaldagem das carcaças foi realizada em tanque de água com temperatura a 58 °C e duração de dois minutos, seguida da depenagem automática das carcaças. A evisceração e retirada dos pés e cabeça foi realizada de forma manual com auxílio de facas específicas para este procedimento. O resfriamento das carcaças foi realizado em duas etapas em tanque de inox em imersão de água, sendo o resfriamento lento com duração de 18 minutos à temperatura de 10 a 18°C (pré *chiller*) e o resfriamento rápido com duração de 12 minutos à temperatura de zero a 2 graus (*chiller*).

Após o resfriamento das carcaças foi realizada a extração, desossa e pesagem do peito. Os filés de peito foram classificados quanto aos escores de *wooden breast* e *white striping* de acordo com as metodologias de Silvo et al. (2017) e Kuttappan et al. (2016), respectivamente. Os músculos *Pectoralis major* foram coletados, identificados, acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados para o Laboratório de Análise de Produtos Agropecuários da FCA/UFGD. As amostras foram armazenadas em câmara BOD à temperatura de 5° C. Com 24 horas *post-mortem*, foram realizadas as análises de pH, cor, dimensões dos filés, capacidade de retenção de água e perda por exsudação no filé direito do músculo *Pectoralis major*. O filé esquerdo foi congelado em *freezer* a -18 °C para posterior análise de perda por cocção e força de cisalhamento.

Caracterização de *white striping* e *wooden breast*

Para a definição do grau de *wooden breast* os filés foram palpados manualmente conforme metodologia adotada por Tijare et al. (2016) e posteriormente foi estabelecido escore visual, tendo como base o grau de severidade da miopatia proposta por Sihvo et al. (2017), sendo classificados como grau 0 (peito normal ou ausência de miopatia), grau 1 (intermediário ou moderado) e grau 2 (severo).

A miopatia *white striping* foi estabelecida em escala de acordo com Kuttappan et al. (2016) em 0 = normal (sem linhas brancas), 1 = moderado (linhas brancas pequenas, geralmente com espessura menor que 1 mm, mas aparentemente visíveis na superfície do filé), 2 = severo (grandes linhas brancas de 1 a 2 mm de espessura, muito visíveis na superfície do filé) e 3 = extremo (linhas brancas grossas maior que 2 mm de espessura, cobrindo quase toda a superfície do filé).

Análises da qualidade da carne

O valor de pH dos filés de peito dos frangos foi mensurado utilizando-se pH-metro digital Testo 205 (calibrado com soluções tampões com pH 4,0 e 7,0 + 0,05/25 °C) e a medição foi realizada penetrando o sensor em três diferentes pontos do peito, localizados na parte superior, intermediária e inferior do músculo, adotando-se o valor médio das três medições.

A cor dos filés do peito foi determinada através do colorímetro Minolta portátil CR 400, no sistema CIELab, na qual foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo). As medidas foram feitas em três diferentes pontos na superfície ventral do músculo *Pectoralis major*, tendo como valor final as médias destas três medições. Para estas determinações, os filés de peito foram

previamente expostos ao ar livre por 30 minutos a uma temperatura de 15°C antes das medidas da cor, de acordo com metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

O dimensionamento do peito foi realizado com auxílio de um paquímetro digital seguindo a metodologia de Mudalal et al. (2014), mensurando-se largura, comprimento e espessuras dos filés (cm).

Para avaliação da capacidade de retenção de água (CRA), foram pesadas em balança analítica amostras cúbicas de carne de peito de frango de 2,0 gramas e posteriormente colocadas entre dois papéis de filtro. O filtro contendo a amostra de peito foi colocado entre duas placas de vidro e um peso de 10 kg foi mantido por um período de 5 minutos. Após este procedimento a amostra de peito foi retirada e pesada novamente (Hamm, 1960). A determinação da porcentagem de CRA foi realizada pela diferença entre o peso final e peso inicial da amostra.

A perda por exsudação (*drip loss*) foi realizada com amostras de 80 gramas do músculo *Pectoralis major* pesadas em balança analítica. Cada amostra foi acondicionada em uma rede suspensa dentro de uma embalagem plástica com tampa, por um período de 48 horas à temperatura de 4°C para a determinação da perda por exsudação, conforme metodologia descrita por Mudalal et al. (2015). A determinação da porcentagem de perda por exsudação foi realizada pela diferença entre o peso final e peso inicial da amostra.

Para a perda de peso por cocção, as amostras de filés de peito foram previamente descongeladas em refrigerador a 5° C, sendo posteriormente acondicionados em embalagens plásticas e cozidas em banho maria a 85°C por 30 minutos até atingir uma temperatura interna final de 75 a 80°C. Após o cozimento, os filés foram resfriados em temperatura ambiente e pesados novamente. A diferença entre o peso inicial (peito *in natura*) e final (peito cozido) correspondeu a perda de peso por cozimento (Honikel, 1987).

Para a determinação da força de cisalhamento, foi utilizado o equipamento texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems). As amostras utilizadas usadas para determinação da perda de peso por cozimento foram cortadas em paralelepípedos com dimensões de 1x1x2cm em quintuplicata e colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular entre às lâminas Warner-Blatzler do aparelho acoplado ao analisador de textura TA.XT plus (Stable Micro Systems). Os resultados foram expressos em Kg/força/cm² e a velocidade de descida da lâmina foi de 200 mm/minuto.

Análises Estatísticas

Após a obtenção dos resultados do experimento foram determinadas as médias e os resultados foram analisados estatisticamente através do PROC MIXED do programa estatístico SAS (SAS, 2004). Os resultados foram anteriormente verificados quanto à normalidade dos resíduos estudentizados pelo Teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE) e as variâncias comparadas pelo Teste de Tukey ajustado a 5% de significância para os resultados da análise de rendimento de carcaça e cortes e qualidade da carne. Os resultados da ocorrência de miopatias entre os tratamentos em cada idade de abate foram submetidos à análise de qui-quadrado e o nível de significância utilizado para estas análises foi de 5%.

RESULTADOS

Não foi observada a influência do sexo das aves na ocorrência das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peito de frangos de corte em todas as idades avaliadas. No entanto, no abate realizado aos 21 dias de idade foi observado a presença de lesões classificadas como grau 1 da miopatia *white striping*, sendo que isso ocorreu tanto em machos quanto em fêmeas (Tabela 1).

Aos 28 dias de idade, observou-se uma evolução no grau da miopatia *white striping*, tanto em fêmeas quanto em machos. Todas as amostras de peitos provenientes de fêmeas foram classificadas como grau 1 desta miopatia, ao passo que nas amostras de peitos de frangos machos foram observadas lesões características de grau 1 e grau 2 (95,44 e 4,66%, respectivamente).

Nas avaliações realizadas no abate de frangos com 35 dias de idade, os resultados de incidência de *white striping* foram similares aos observados ao abate de 28 dias, ou seja, foi observada a presença da miopatia em todas as amostras de peitos, não havendo peitos com ausência desta. No entanto, ocorreu um agravamento nos escores dessa miopatia, evidenciado principalmente nas fêmeas que até então não tinham apresentado miopatia *white striping* classificado como grau 2. Com 35 dias, 11,12% dos peitos de fêmeas e 13,88% dos de machos foram classificados como *white striping* de grau 2.

Tabela 1. Frequência de *white striping* e *wooden breast* em peito de frangos de corte machos e fêmeas aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade.

Idade	Score	WS (%)		WB (%)		WS	WB
		Fêmea	Macho	Fêmea	Macho		
21 dias	0	20,00	8,33	100,00	100,00	0,7655	1,000
	1	80,00	91,67	0,00	0,00		
	2	0,00	0,00	0,00	0,00		
	3	0,00	0,00	-	-		
28 dias	0	0,00	0,00	36,12	33,34	0,1515	0,7929
	1	100,00	95,44	58,34	63,88		
	2	0,00	4,66	5,56	2,78		
	3	0,00	0,00	-	-		
35 dias	0	0,00	0,00	27,78	13,88	0,7216	0,2751
	1	88,88	86,12	52,78	55,56		
	2	11,12	13,88	19,44	30,56		
	3	0,00	0,00	-	-		
42 dias	0	0,00	0,00	2,78	0,00	0,1704	0,0671
	1	88,88	77,78	22,22	5,56		
	2	8,33	22,22	75,00	94,44		
	3	2,77	0,00	-	-		
49 dias	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,3648	0,3139
	1	36,11	27,78	2,78	0,00		
	2	55,55	52,78	97,22	100,00		
	3	8,33	19,44	-	-		

WS: *White striping*; WB: *Wooden breast*. Qui-quadrado ($P < 0,05$).

Aos 42 dias de idade, ocorreu um agravamento nos percentuais dos escores de *white striping* em peitos de fêmeas, uma vez que foi observado o surgimento do grau 3 (2,77%) em detrimento da diminuição do grau 2, visto que o grau 1 manteve o mesmo percentual obtido aos 35 dias de idade. No entanto não foi observado o grau 3 de *white striping* nos peitos de machos.

Aos 49 dias de idade, observou-se um considerável agravamento nos percentuais de grau 2 de *white striping* em peito de frangos de ambos os sexos, sendo responsável por pouco mais da metade das amostras. Observou-se que a evolução para o grau 3 foi mais acentuada em peitos de machos do que em fêmeas (19,55 e 8,33%, respectivamente).

A condição de *wooden breast* teve uma ocorrência mais tardia quando comparado à condição de *white striping*, visto que não foram observadas características que evidenciasse aspecto de “peito amadeirado” no abate de 21 dias de idade (Tabela 1). No

entanto, semelhante ao *white striping*, as características de *wooden breast* também apresentaram um aumento na severidade das lesões, ou seja, agravamento do escore de acordo com o avançar da idade das aves, independente do sexo. A evolução nos percentuais do grau 1 para o grau 2 de *wooden breast* foi evidenciado a partir de 28 dias de idade e aumentou de acordo com o avançar da idade das aves, chegando a 100% das amostras acometidas pelo grau 2 em peitos de machos aos 49 dias de idade. O percentual de grau 2 de *wooden breast* foi mais evidente aos 35, 42 e 49 dias de idade.

Quando comparamos apenas a presença ou ausência das miopatias *white striping* e *wooden breast* isoladas ou concomitantes, independentemente de seus escores, não foi observada a presença isolada de *wooden breast*. O peito amadeirado foi identificado em peitos de frangos somente na presença de peitos com características de *white striping*, independente de sexo e idade de abate (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência de *white striping*, *wooden breast* e as duas miopatias simultâneas em peito de frangos de corte machos e fêmeas aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade.

	Sem miopatia (%)	WS (%)	WB (%)	WS + WB (%)
21 dias				
Fêmea	14,58	85,42	0	0
Macho	10,42	89,58	0	0
28 dias				
Fêmea	5,56	30,56	0	63,88
Macho	0	33,33	0	66,67
35 dias				
Fêmea	0	27,78	0	72,22
Macho	0	13,89	0	86,11
42 dias				
Fêmea	0	2,80	0	97,20
Macho	0	0	0	100,00
49 dias				
Fêmea	0	0	0	100,00
Macho	0	0	0	100,00

WS: *White striping*; WB: *Wooden breast*; WS+WB: *White striping* e *Wooden breast*.

A miopatia *wooden breast* apresentou forte correlação positiva com a idade, peso vivo, peso de peito, comprimento, largura e espessura do filé do peito, ou seja, quanto maior essas variáveis listadas mais severos o grau de miopatia (Tabela 3). Porém, a miopatia *white striping* apresentou correlação significativa e moderada com essas variáveis.

Tabela 3. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as miopatias *white striping* e *wooden breast* e as variáveis de qualidade de carne.

	<i>White striping</i> (Valor de P)	<i>Wooden breast</i> (Valor de P)
Idade da ave	0,56165 (<0,0001)	0,84801(<0,0001)
Peso vivo	0,56250 (<0,0001)	0,81381(<0,0001)
Peso do peito	0,58566 (<0,0001)	0,84654 (<0,0001)
Comprimento do filé do peito	0,54050 (<0,0001)	0,82586(<0,0001)
Largura do filé do peito	0,54050 (<0,0001)	0,82586 (<0,0001)
Espessura do filé do peito	0,55025 (<0,0001)	0,86965 (<0,0001)
pH	- 0,08577 (0,1042)	- 0,11191(0,0338)
L*	0,33359 (<0,0001)	0,45739 (<0,0001)
a*	- 0,22397 (<0,0001)	- 0,19938 (<0,0001)
b*	0,06333 (0,23214)	0,14177 (0,0071)
<i>Drip loss</i>	0,31366 (<0,0001)	0,48745 (<0,0001)
Capacidade de retenção de água	0,15127 (0,0040)	0,17049 (0,0012)
Perda de peso por cozimento	0,30296 (<0,0001)	0,27585 (<0,0001)
Força de cisalhamento	- 0,06459 (0,2234)	- 0,08054 (0,1288)

$P < 0,05$

A correlação de pH com a presença de *white striping* não foi significativa e houve uma baixa correlação significativa com a miopatia *wooden breast*. O valor de L* demonstrou ter fraca correlação positiva à condição de *white striping* e média para *wooden breast*, indicando que quanto maior a severidade de ambas miopatias, mais claros são os filés. No entanto, nos resultados presentes demonstram que o valor de b* não teve correlação com *white striping* e baixa correlação com *wooden breast*. Os teores de vermelho (a*) apresentaram fraca correlação com as duas miopatias estudadas.

Com relação ao *drip loss*, capacidade de retenção e a perda de peso por cozimento (PPC) apresentaram resultados fracamente correlacionados a ambas miopatias. A força de cisalhamento não apresentou correlação significativa com as miopatias estudadas.

Não foram observadas alterações nos parâmetros de altura, largura e espessura em peitos com presença isolada de *white striping* comparado ao peito sem a ocorrência de miopatia, ao passo que quando observado a presença simultânea de *wooden breast*, essas dimensões apresentaram ser significativamente superiores (Tabela 4).

Os filés com as miopatias *wooden breast* e *white striping* associados apresentaram-se mais claros e menos vermelhos em comparação aos filés sem a miopatia e somente com característica *white striping*, que não diferiram entre si. Porém, os filés com as miopatias associadas apresentaram coloração mais amarelo em comparação somente aos filés com *white striping*, sendo que os filés normais tiveram valor de b^* semelhante aos filés acometidos por *white striping* isolado. O pH dos filés com as miopatias associadas apresentaram menores valores em comparação aos filés sem a miopatia. No entanto, os filés com a condição miopática *white striping* não diferiram dos demais tratamentos.

Tabela 4. Qualidade da carne de peitos normal e com as miopatias *white striping* e *white striping* aliado ao *wooden breast* em frangos de corte machos e fêmeas.

Variáveis	Tratamentos			EPM	P
	SEM MIOPATIA	WS	WS+WB		
Altura (cm)	12,01b	13,10b	16,89a	0,136	<0,0001
Largura (cm)	6,10b	6,63b	9,29a	0,093	<0,0001
Espessura (cm)	2,00b	2,31b	3,78a	0,048	<0,0001
L*	45,42b	46,21b	48,36a	0,176	<0,0001
a*	3,22a	3,20a	2,53b	0,051	<0,0001
b*	7,65ab	7,51b	7,89a	0,082	0,0232
pH	6,12a	6,15ab	6,06b	0,015	0,0244
Capacidade de retenção de água (%)	34,60	36,23	36,52	0,254	0,3864
<i>Drip loss</i> (%)	3,76b	4,76b	6,73a	0,154	<0,0001
Perda de peso por cozimento (%)	26,61b	27,90b	29,64a	0,178	<0,0001
Força de cisalhamento (kgf cm ⁻²)	1,38	1,49	1,43	0,022	0,6235

WS: *White striping*; WB: *Wooden breast*; WS+WB: *White striping* e *Wooden breast*. Teste de Tukey (P<0,05)

A capacidade de retenção de água e a força de cisalhamento não foram influenciadas pela presença ou não das miopatias. Contudo, os filés com *wooden breast* e *white striping* apresentaram maiores valores de *drip loss* e

perda de peso por cozimento que os filés normais e somente com *white striping*.

DISCUSSÃO

No presente trabalho, ficou evidente que a condição *white striping* se desenvolveu de forma precoce nas aves, uma vez que essa miopatia foi evidenciada ao abate de 21 dias, desta forma sugere-se que seu desenvolvimento se deu antes mesmo dessa idade (Tabela 1). A hipótese sugerida para esse desenvolvimento precoce e a não correlação entre o sexo das aves e *white striping* baseia-se no desenvolvimento muscular intensificado nas linhagens comerciais de frango de corte, sobretudo no músculo *Pectoralis major*.

De acordo com Alnahhas et al. (2016) a condição de *white striping* está geneticamente mais correlacionada ao desenvolvimento do músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) do que propriamente ao crescimento global do corpo. De certa forma, isso explica o fato de não observarmos correlação entre o sexo e a presença ou não de *white striping*, haja vista que, embora frangos machos apresentem maior peso vivo comparado às fêmeas, o que esses pesquisadores propõem é que o desenvolvimento e rendimento do peito são mais determinantes que o próprio peso da ave em si para a ocorrência desta miopatia.

Os resultados aqui presentes sugerem que o aumento de peso das aves está diretamente relacionado ao surgimento e intensidade dos graus dessa miopatia e está de acordo com achados de Lorenzi et al. (2014), que observaram que a incidência dessa miopatia foi maior em aves mais pesadas do que em aves mais leves. Estudos conduzidos por Kuttappan et al. (2012a) também obtiveram resultados semelhantes ao concluírem que uma taxa de crescimento aumentada das aves resulta em maior ocorrência e maiores graus de estrias brancas em filés de peito de frango.

Uma vez que a seleção genética proporcionou uma maior taxa de crescimento das aves e maior rendimento de peito, alguns autores defendem que esse aumento de tecido muscular não necessariamente recebe o aporte nutricional proporcional e necessário para as adequadas trocas metabólicas. Joiner et al. (2014), por exemplo, sugeriram que as alterações miopáticas poderiam ser uma consequência da redução de oferta de oxigênio aos tecidos musculares como resultado de uma menor densidade de capilaridade em linhagens de rápido crescimento resultando em uma diminuição de suporte vascular, contribuindo para o aumento de incidência de miopatias peitorais em frangos de corte.

Fomentando esse raciocínio, Kuttappan et al. (2017) concluíram que os graus mais severos, tanto de *white striping* quanto de *wooden breast* estão associadas as aves mais

pesadas e também mais velhas, visto que observaram que a severidade das lesões características de ambas miopatias aumentou significativamente entre a sexta e nona semana de idade das aves.

No presente trabalho foi notável que houve uma considerável evolução nos graus de *white striping* de acordo com a evolução da idade, independente do sexo das aves. Ainda há poucos estudos que correlacionam estes fatores, idade com o surgimento e incidência de miopatias. No entanto, o agravamento das lesões de *white striping* ocorreu antes mesmo do que Kuttappan et al. (2017) encontraram em seus estudos, visto que foi evidenciado na quarta semana que todas as amostras de peito provindas de machos e 95,44% das amostras de peito provindas de fêmeas apresentaram grau 1 de *white striping* ao passo que mais da metade dos peitos de machos e fêmeas apresentaram grau 1 de *wooden breast*.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho foram encontrados por Mutryn et al. (2015), visto que observaram a presença de *wooden breast* por meio de palpação do peito das aves a partir da terceira semana de idade, podendo esta condição, afetar mais de 50% dos lotes. No entanto, Sihvo et al. (2017) relataram que as alterações morfológicas desencadeadas por *wooden breast* começam a se desenvolver precocemente, com aproximadamente 2 semanas de vida das aves e com o avançar da idade, as lesões tendem a se agravar.

Uma possível explicação para a não observação de miopatias *wooden breast* aos 21 dias de idade no presente estudo seria pela distribuição da lesão miopática no músculo peitoral em graus mais leves (grau 1), pois segundo Bodle et al. (2018) o escore 1 de *wooden breast* é representado por uma dureza leve e localizada dentro da região cranial do músculo do peito da ave. Nesse sentido, o grau 1 de *wooden breast* apresentando uma característica localizada e interna e não notável visualmente, torna sua caracterização

subjetiva e pode explicar sua ausência no peito das aves no abate de 21 dias de idade do presente trabalho.

No presente trabalho, a miopatia *wooden breast* não ocorreu de forma isolada, ou seja, todos os filés acometidos com essa condição miopática estavam associados ao *white striping*, independente do sexo e idade de abate. O que se sugere com os resultados mostrados na presente Tabela 2, é que com o agravamento das lesões causadas pela miopatia *white striping*, as características do músculo peitoral evoluíram para uma nova condição miopática, o *wooden breast*. Dessa forma, isso explica o fato de não encontrarmos a presença isolada de “peito amadeirado”, mas sempre na presença de *white striping*.

Essa condição ficou evidente a partir do abate de 28 dias de idade, visto que mais da metade das amostras de filés foram identificadas com a presença de ambas miopatias concomitantes. Aos 42 dias de idade, mais de 97% dos peitos de fêmeas estavam acometidos por *white striping* associado a *wooden breast*, ao passo que todas as amostras de peitos provindos de machos estavam acometidas por ambas miopatias. Aos 49 dias, todas as amostras de filés de peito de machos e fêmeas estavam acometidas por *white striping* e *wooden breast*.

Até o presente estudo, não há pesquisas que correlacionam o fato da ocorrência de *white striping* preceder o desenvolvimento de *wooden breast*. No entanto, apesar de ambas miopatias apresentarem características macroscópicas distintas e bem definidas, suas características histomorfológicas são semelhantes, e suas respostas musculares, de acordo com Kuttappan et al. (2016), agem de forma similar.

No presente trabalho, foi verificado que a condição miopática *wooden breast* está fortemente correlacionada de forma positiva ao peso vivo, peso do peito e com suas medidas físicas, ou seja, quanto mais pesada a ave e conseqüentemente maior o peso do

peito, maior é o grau dessa miopatia. Deste modo, é evidente que aves mais velhas tendem a apresentar pesos e medidas musculares superiores em relação às aves mais jovens. Sendo a idade um fator determinante para o ganho de peso, estes resultados são compatíveis ao raciocínio de Radaelli et al. (2017), que defende que a gravidade das lesões aumenta de acordo com o avançar da idade das aves, uma vez que ocorre uma forte redução de pequenos vasos sanguíneos e por consequência reduzindo a densidade capilar adjacente as miofibras (Joiner et al., 2014). Essa alteração no suporte vascular dificulta os mecanismos de reparação mediada por células satélites, ocasionando fibrose (Siller, 1985). Esses mecanismos precedem a ocorrência da miopatia *wooden breast*, que se caracteriza pela presença de proeminência rígida localizada na parte cranial do filé e a presença desta condição justifica sua correlação com as variáveis mencionadas.

De acordo com Radaelli et al. (2017), a correlação entre a ocorrência de miopatias com taxa de crescimento, peso vivo final e rendimento de peito em linhagens atuais de frangos de corte sob condições comerciais intensivas tem sido proposto, mas não totalmente esclarecidas. Apesar da condição de *white striping* apresentar uma correlação positiva moderada em relação à idade, peso vivo e peito além das medidas de comprimento, largura e espessura de filé, isso não minimiza sua correlação com o peso da ave e as demais variáveis mencionadas. Uma vez observada de forma precoce aos 21 dias de idade, sugerindo inclusive que seu desenvolvimento se deu antes mesmo dessa idade, o que ocorreu é que sua evolução de escores foi mais tardia comparada a evolução dos escores de *wooden breast* (Tabela 1). Sendo a condição de *white striping* identificada precocemente e em aves mais leves comparadas ao *wooden breast*, justifica estes achados, enquanto que uma vez instalado o processo de “peito amadeirado” nas aves, seu desenvolvimento e agravamento quando avaliado os escores foram superiores comparados ao desenvolvimento dos escores de *white striping*.

O valor de L* demonstrou ter fraca correlação positiva à condição de *white striping* e média para *wooden breast*, indicando que quanto maior a severidade de ambas miopatias, mais claros são os filés. No entanto, Chen et al. (2017) ao comparar a qualidade de peitos com característica *wooden breast* e peitos normais não observaram diferença significativa entre esses para a luminosidade. De acordo com Dalle Zotte et al. (2015), maiores valores de L* e b* podem estar relacionados às respostas fibróticas associadas à miodegeneração.

No entanto, nos resultados presentes demonstram que o valor de b* não teve correlação com *white striping* e baixa correlação com *wooden breast*, o que está de acordo com achados de Chartejee et al. (2016) que não observam relação da presença de *white striping* e *wooden breast* e valores obtidos de b*. Os autores avaliaram ainda o valor de a* em peitos acometidos pelas miopatias e peitos normais e obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, concluindo que quanto maior o grau das *wooden breast* e *white striping* menor a tonalidade de vermelho dos filés, caracterizando uma correlação negativa.

Com relação ao *drip loss*, capacidade de retenção e a perda de peso por cozimento (PPC) apresentaram resultados fracamente correlacionados a ambas miopatias. Este resultado se assemelha aos achados de Petracci et al. (2013), que não observaram diferença nesse parâmetro em peitos de frangos com *white striping* de graus moderados e severos quando comparado a peitos de frangos sem essa miopatia. Achados de Mudalal et al. (2015) divergem aos achados do presente estudo, posto que os autores observaram aumento no percentual de *drip loss* em peitos de frangos acometidos por *wooden breast* isoladamente e *white striping* e *wooden breast* concomitantes, ao passo que a presença isolada de *white striping* demonstrou ter *drip loss* menor quando comparado a peitos de frangos sem o acometimento da miopatia.

A força de cisalhamento não apresentou correlação significativa com as miopatias estudadas, apesar de Soglia et al. (2016) relatarem haver maior dureza em peitos acometidos por *wooden breast* devido a presença de fibrose nesse tecido. Entretanto, em estudo posterior, Soglia et al. (2017) relataram que o processo de cozimento da carne induz a uma desnaturação do colágeno, podendo ser a razão pela similaridade nos resultados das propriedades da textura encontrados antes e após este processo. Dessa forma, o resultado presente se assemelha aos observados no estudo mais recente destes autores.

A correlação de pH com a presença de *white striping* não foi significativa e apesar de ter correlação significativa com a miopatia *wooden breast* essa foi baixa. Este resultado está em desacordo com muitas pesquisas que temos na literatura, visto que estas trazem uma tendência de aumento deste indicador quando da presença de miopatias. No entanto, esta avaliação ainda apresenta contradições, visto que Wold et al. (2017) não observaram diferença significativa de pH entre peitos normais e peitos acometidos por *wooden breast* de grau moderado ou severo.

Os filés acometidos pelas miopatias *wooden breast* e *white striping* apresentaram maiores medidas físicas, mostrando que essas condições miopáticas estão fortemente relacionadas ao peso do peito. Em estudos conduzidos por Dalle Zotte et al. (2017), foram observados que 60% das amostras de peitos acometidos por *wooden breast* apresentavam um aumento da porção cranial e 16,7% da porção longitudinal. Os autores definiram este aumento como protuberâncias que proporcionavam alteração nas dimensões e peso do filé, além de maior presença de fibras gigantes.

Os aspectos de coloração, L*, a* e b* obtiveram resultados esperados, uma vez que a ocorrência de miopatias tem sido associada com a alteração de coloração do músculo peitoral em diversos estudos. A condição de *white striping* não diferiu em nenhum aspecto

comparado ao peito sem a miopatia, no entanto, quando a miopatia *white striping* está associada ao *wooden breast* o peito apresentou-se com maior teor de L* (luminosidade) e menor valor de a* (teor de vermelho). O valor de b* (amarelo) em peitos com ambas as miopatias intercorrentes foi maior quando comparado ao *white striping* isolado, mas não diferiu de peitos sem a presença de miopatias.

O pH dos peitos acometidos por *white striping* não diferiu dos peitos sem a miopatia e com *white striping* e *wooden breast* coexistentes. No entanto, quando comparamos este indicador entre peitos sem a ocorrência de miopatia e peitos acometidos por ambas, esse último apresentou pH inferior. Este resultado vai em desacordo com a literatura vigente, no entanto, peitos acometidos por *wooden breast* podem apresentar pH diferente de acordo com o local da aferição, posto que Dalle Zotte et al. (2017) observaram que o pH da parte cranial do peito foi significativamente superior ao pH da porção caudal do mesmo peito. Dalgaard et al. (2018) não encontraram diferenças de pH intramuscular em “peito amadeirado” em análise realizada no dia do abate das aves, ao passo que observaram pH superior um dia após o abate apenas em casos severos de *wooden breast*.

No entanto, o pH obtido nos peitos sem a presença das miopatias são superiores aos considerados como normais. A hipótese mais provável é que este indicador possa ter sido influenciado pela menor espessura do filé, que segundo os resultados da Tabela 4, apresentaram menor espessura (2,0 cm) em comparação aos peitos com as duas miopatias associadas (3,78 cm), uma vez que em filés menos espessos, embora tenham sido realizadas medições em triplicata (cranial, médio e dorsal do filé) intramuscular, tende-se a aferir mais próximo da superfície do músculo peitoral. Nesse sentido, Dalgaard et al. (2018), observaram que o pH de superficial é superior ao intramuscular (1,5 a 2,5cm de profundidade) em peito de frangos acometidos por *wooden breast*.

O *drip loss* e a perda por cozimento foram significativamente superiores nos peitos acometidos por *white striping* e *wooden breast* comparado aos peitos com *white striping* isolado e peitos sem a ocorrência destas alterações (Tabela 4). Em resultados similares, Dalgaard et al. (2018) justificam essa diferença, em peitos acometidos por *wooden breast*, devido ao aumento de água presente no músculo peitoral em decorrência ao edema tissular por processo inflamatório desencadeado e tecido muscular rompido.

Não foram observadas diferenças significativas para a capacidade de retenção de água e força de cisalhamento entre os filés com ou sem as miopatias. Os resultados obtidos de força de cisalhamento foram inesperados, visto que a condição de *wooden breast* está associada a maior dureza da carne de peito de frangos (Bodle et al., 2018; Soglia et al., 2016). No entanto, há relatos que coincidem com os resultados presentes, Cai et al. (2018) por exemplo, não identificaram diferenças quanto a força de cisalhamento comparando peitos normais e peitos acometidos por *wooden breast*. Dalgaard et al. (2018), defendem a hipótese que a possibilidade de não haver diferença significativa na força de cisalhamento entre o músculo com ou sem a presença dessa miopatia pode estar associado ao fato de ocorrer a substituição de uma estrutura bem organizada do tecido muscular por infiltração de tecido lipídico e conectivo, ocorrendo a desnaturação das proteínas estruturais do músculo após o cozimento, tornando o tecido muscular menos rígido após esse processamento. Dessa forma, estes resultados ainda apresentam-se divergentes em publicações recentes.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de *wooden breast* ocorreu de forma mais tardia em relação ao *white striping*. A condição de *wooden breast* não ocorreu de forma isolada, mas sempre concomitante ao *white striping*, sugerindo que a condição de “peito amadeirado” se dá em detrimento de um agravamento da condição de “peito estriado” (*white striping*).

Os peitos acometidos por *wooden breast* associados a *white striping* modificaram as características de qualidade da carne, aumentando as perdas por gotejamento e perda de peso por cozimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Api, I.; Takahashi, S. E.; Mendes, A. S.; Paixão, S. J.; Refati, R. and Restelatto, R. 2017. *Ciência Animal Brasileira*, <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-32691>
- Alnahhas, N.; Berri, C.; Chabault, M.; Chartrin, P.; Boulay, M.; Bourin, M. C. and Le Bihan-Duval, E. 2016. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. *BMC Genetics*, <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0369-2>
- Baldi, G.; Soglia, F.; Mazzoni, M.; Sirri, F.; Canonico, L.; Babini, E.; Cavani, C. and Petracci, M. 2018. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, <https://doi.org/10.1017/S1751731117001069>
- Bodle, B. C.; Alvarado, C.; Shirley, R. B. and Mercier, Y. 2018. Evaluation of different dietary alterations in their ability to mitigate the incidence and severity of woody breast and white striping in commercial male broilers. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pey166>
- Cai, K.; Shao, W.; Chen, X.; Campbell, Y. L.; Nair, M. N.; Suman, S. P. and Schilling, M. W. 2018. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (Pectoralis Major) meat. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pex284>
- Chatterjee, D.; Zhuang, H.; Bowker, B. C.; Rincon, A. M. and Sanchez-Brambila, G. 2016. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pew204>
- Chen, H.; Wang, H.; Qi, J.; Wang, M.; Xu, X. and Zhou, G. 2017. Chicken breast quality normal, pale, soft and exudative (PSE) and woody influences the functional properties of meat batters. *International Journal of Food Science & Technology*, <https://doi.org/10.1111/ijfs.13640>
- Dalgaard, L. B.; Rasmussen, M. K.; Bertram, H. C.; Jensen, J. A.; Moller, H. S.; Aaslyng, M. D.; Hejbol, E. K.; Pedersen, J. R.; Elsser-Gravesen, D. and Young, J. F. 2018. Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments. *International Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1111/ijfs.13759>
- Dalle Zotte, A.; Tasoniero G.; Puolanne E.; Remignon H.; Cecchinato M.; Catelli E. and Cullere M. 2017. Effect of “Wooden Breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, <https://doi.org/10.17221/54/2016-CJAS>
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60141-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60141-X)

- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. Evaluation and control of meat quality in pigs, https://doi.org/10.1007/978-94-009-3301-9_21
- Joiner, K. S.; Hamlin, G. A.; Lien, R. J. and Bilgili, S. F. 2014. Evaluation of Capillary and Myofiber Density in the Pectoralis Major Muscles of Rapidly Growing, High-Yield Broiler Chickens During Increased Heat Stress. *Avian Diseases*, <https://doi.org/10.1637/10733-112513-Reg.1>
- Kuttappan, V. A.; Brewer, V. B.; Clark, F. D.; McKee, S. R.; Meullenet, J. F.; Emmert, J. L. and Owens, C. M. 2009. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3138>
- Kuttappan, V. A.; Brewer, V. B.; Apple, J. K.; Waldroup, P. W. and Owens, C. M. 2012a. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02259>
- Kuttappan, V. A.; Lee, Y. S.; Erf, G. F.; Meullenet, J. F.; Mckee, S. R. and Owens, C. M. 2012b. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01947>
- Kuttappan, V. A.; Brewer, V. B.; Mauromoustakos, A.; Mckee, S. R.; Emmert, J. L., Meullenet, J. F. and Owens, C. M. 2013. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02506>
- Kuttappan, V. A.; Hargis, B. M. and Owens, C. M. 2016. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pew216>
- Kuttappan, V. A.; Owens, C. M.; Coon, C.; Hargis, B. M. and Vazquez-Anon M. 2017. Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pex072>
- Lorenzi, M.; Mudalal, S.; Cavani, C. and Petracci, M. 2014. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. *The Journal of Applied Poultry Research*, <https://doi.org/10.3382/japr.2014-00968>
- Mudalal, S.; Babini, E.; Cavani, C. and Petracci, M. 2014. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>
- Mudalal, S.; Lorenzi, M.; Soglia, F.; Cavani, C. and Petracci, M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>
- Mutryn, M. F.; Brannick, E. M.; Weixuan Fu; Lee, W. R. and Abasht, B. 2015. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene

- expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1623-0>
- Petracci, M.; Mudalal, S.; Bonfiglio, A. and Cavani, C. 2013. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-03001>
- Petracci, M.; Soglia, F.; Madruga, M.; Carvalho, L.; Elza Ida and Estevéz, M. 2019. 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*, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- Radaelli, G.; Piccirillo, A.; Birolo, M.; Bertotto, D.; Gratta, F.; Ballarin, C.; Vascellari, M.; Xiccato, G. and Trocino, A. 2017. Effect of age on the occurrence of muscle fiber degeneration associated with myopathies in broiler chickens submitted to feed restriction. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pew270>
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Teixeira, M. L.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T. and Brito, C. O. 2017. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos*. 4th ed. Viçosa, Minas Gerais
- Sihvo, H. K.; Lindén, J.; Airas, N.; Immonen, K.; Valaja, J. and Puolanne, E. 2017. Wooden Breast Myodegeneration of Pectoralis Major Muscle Over the Growth Period in Broilers. *Veterinary Pathology*, <https://doi.org/10.1177/0300985816658099>
- Sihvo, H. K.; Airas, N.; Lindén, J. and Puolanne, E. Pectoral Vessel Density and Early Ultrastructural Changes in Broiler Chicken Wooden Breast Myopathy. 2018. *Journal of Comparative Pathology*, <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2018.04.002>
- Soglia, F.; S. Mudalal, E.; Babini, M.; Di Nunzio, M.; Mazzoni, F.; Sirri, C.; Cavani, Petracci, M. 2016. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pev353>
- Soglia, F.; Gao, J.; Mazzoni, M.; Puolanne, E.; Cavani, C.; Petracci, M. and Ertbjerg, P. 2017. Superficial and deep changes of histology, texture and particle size distribution in broiler wooden breast muscle during refrigerated storage. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pex115>
- Soglia, F.; Baldi, G.; Laghi, L.; Mudalal, S.; Cavani, M. and Petracci, M. 2018. Effect of white striping on turkey breast meat quality. *Animal*, <https://doi.org/10.1017/S1751731117003469>
- Siller, W. G. 1985. Deep pectoral myopathy: a penalty of successful selection for muscle growth. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.0641591>
- Tijare, V. V.; Yang, F. L.; Kuttappan, V. A.; Alvarado, C. Z.; Coon, C. N. and Owens, C. M. 2016. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps/pew129>

- Van Laack, R. L. J. M.; Liu, C. H.; Smith, M. O. and Loveday, H. D. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.1057>.
- Velleman, S. G. and Clark, D. L. 2015. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. *Avian Diseases*, <https://doi.org/10.1637/11097-042015-Reg.1>.
- Wold, J. P.; Veisth-Kent, E.; Host, V. and Lovland, A. 2017. Rapid on-line detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. *Plos One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173384>.
- Zuidhof, M. J.; Schneider, B. L.; Carney, V. L.; Korver, D. R. and Robinson, F. E. 2014. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições miopáticas *wooden breast* e *white striping* são consideradas miopatias modernas e tem proporcionado consideráveis prejuízos à avicultura mundial devido a importantes mudanças ocorridas nos aspectos visuais e de qualidade da carne de frango.

O surgimento destas miopatias contemporâneas tem sido, juntamente com condições de sanidade dos plantéis, os grandes desafios a serem superados pela cadeia avícola para angariar maiores rendimento e rentabilidade ao setor. Uma vez que a carne de frango de corte é uma importante fonte de proteína, apresente baixo custo de produção e não há restrições de consumo devido a crenças religiosas, associado a uma expectativa de crescimento da população mundial, a avicultura tem um importante desafio em continuar produzindo alimento em larga escala sem a ocorrência de condições que possam desvalorizar seu produto final.

Conforme observado nos estudos presentes, as miopatias surgem de forma precoce nas aves de corte, e sua ocorrência altera parâmetros de qualidade do produto, sendo observados visualmente, proporcionando, desta forma, inaceitabilidade do produto por parte dos consumidores.

Uma vez que não observamos influência do sexo das aves na ocorrência e surgimento de *white striping* e *wooden breast*, descartamos práticas e condutas voltadas a sexagem das aves, uma vez que não proporcionam redução nos efeitos decorrentes destas miopatias em frangos de corte.

A literatura ainda carece de propostas que possam elucidar as causas das miopatias como *white striping* e *wooden breast*. Nesse sentido, fica evidente que pesquisas complementares são necessárias para esclarecer os mecanismos necessários para mitigarmos seus efeitos e garantir cada vez mais a qualidade de um produto que gera empregabilidade, rico nutricionalmente e um dos pilares do agronegócio brasileiro: a carne de frango.