



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA DETECÇÃO  
DE MIOPATIAS PEITORAIS EM FRANGOS DE CORTE**

ERIQUE FERREIRA PORFIRIO

Dourados - MS

Dezembro - 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA

## **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA DETECÇÃO DE MIOPATIAS PEITORAIS EM FRANGOS DE CORTE**

**Acadêmico (a): Erique Ferreira Porfirio**  
**Orientador (a): Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama**  
**Co-orientadora: Me. Vivian Aparecida Rios de Castilho**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Faculdade de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal da  
Grande Dourados, como parte das  
exigências para obtenção do grau de  
bacharel em Zootecnia

Dourados – MS

Dezembro – 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P835t Porfirio, Erique Ferreira

Termografia infravermelha na detecção de miopatias peitorais em frangos de corte [recurso eletrônico] / Erique Ferreira Porfirio. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama .

Coorientadora: Me. Vivian Aparecida Rios de Castilho.

TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. estriação branca. 2. peito amadeirado. 3. qualidade da carne. 4. temperatura superficial. I. Komiyama, Profa. Dra. Claudia Marie. II. Castilho, Me. Vivian Aparecida Rios De. III. Título.

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.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

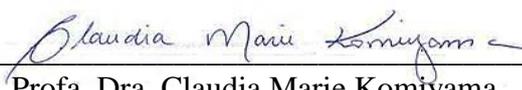
**TITULO:** Termografia infravermelha na detecção de miopatias peitorais em frangos de corte.

**AUTOR:** Erique Ferreira Porfirio

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama

**COORIENTADORA:** Me. Vivian Aparecida Rios de Castilho

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



---

Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama  
(Orientadora)



---

Profa. Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli



---

Me. Vivian Aparecida Rios de Castilho

Data de realização: 15 de Dezembro de 2020.



---

Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno  
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

**A meus pais Edson e Edina, minha irmã Elizandra.**

**Dedico.**

## **Agradecimentos**

À Deus pela saúde, e por me iluminar em todos caminhos da minha vida.

À minha família, em especial a minha mãe Edina, pai Edson e irmã Elizandra pela educação, amor, carinho, coragem, força, dedicação e ajuda em todos os momentos.

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

À minha orientadora Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama, pelos ensinamentos, aprendizado, amizade, conselhos, pela atenção prestada no decorrer desse caminho.

À doutoranda Vivian Aparecida Rios de Castilho pela coorientação, pela atenção prestada, ensinamentos e conselhos.

À Prof. Visitante Dra Maria Fernanda de Castro Burbarelli, pela ajuda na construção dos dados e ensinamentos.

Aos amigos e colegas que me ajudaram de alguma forma no decorrer do curso.

Ao Núcleo de Pesquisa em Nutrição e Produção de Monogástricos pelas reuniões de estudo e contribuição.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia e ao grupo PET-ZOOTECNIA pela ajuda e contribuição no meu preparo no decorrer do curso.

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

Muito obrigado!

## Sumário

Resumo -----	1
Abstract -----	2
1 Introdução -----	3
2 Revisão de literatura -----	5
2.1 Avanços na avicultura -----	5
2.2 Miopatias peitorais -----	6
2.2.1 <i>White striping</i> -----	6
2.2.2 <i>Wooden breast</i> -----	8
2.3 Efeitos na qualidade da carne -----	10
2.4 Termografia infravermelha -----	12
3 Material e métodos -----	14
4 Resultados e discussão -----	20
5 Conclusão -----	25
Implicações -----	27
Referências -----	28

## Lista de tabelas

<b>Tab 1.</b> Tabela de estatística descritiva.....	18
<b>Tab 2.</b> Temperaturas superficiais das regiões cranial, medial e caudal do peito de frangos de corte abatidos aos 35 dias de idade acometidos pelas miopatias <i>White striping</i> e <i>Wooden breast</i> .....	22
<b>Tab 3.</b> Médias obtidas para parâmetros de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 35 dias de idade acometidos pelas miopatias <i>White striping</i> e <i>Wooden breast</i> .....	23

## Lista de figuras

<b>Fig 1.</b> Graus de <i>White striping</i> em peitos de frango.....	7
<b>Fig 2.</b> Graus de <i>Wooden breast</i> em peitos de frango.....	9
<b>Fig 3.</b> Imagem termográfica e a distribuição da temperatura superficial do músculo peitoral dos frangos de corte.....	15
<b>Fig 4.</b> Classificação de <i>White striping</i> no músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos de corte.....	16
<b>Fig 5.</b> Classificação de <i>Wooden breast</i> no músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos de corte.....	16

## Resumo

PORFIRIO, E. F. **Termografia infravermelha na detecção de miopatias peitorais em frangos de corte.** 2020. 33p. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

O objetivo do trabalho foi avaliar a temperatura superficial do músculo peitoral nas regiões cranial, medial e caudal bem como a qualidade da carne de frangos de corte acometidos pelas miopatias *White striping* e *Wooden breast*. O experimento foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, no aviário experimental da Faculdade de Ciências Agrárias. As aves utilizadas no experimento foram da linhagem Cobb 500®, sendo alojados 300 pintos de um dia machos e fêmeas, após a pesagem inicial e uniformização dos pesos com variação de  $\pm 10\%$ . As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum* e formuladas a base de milho e farelo de soja de acordo com a fase produtiva. A Termografia infravermelha foi realizada aos 35 dias de idade, na qual foram registradas as temperaturas superficiais do peito das 300 aves. Logo após o registro das imagens termográficas, as aves foram abatidas para avaliação dos peitos quanto à presença e severidade das miopatias. Após o resfriamento, os peitos foram submetidos a desossa e separados para caracterização das miopatias e as amostras foram resfriadas e analisadas 24 horas *post mortem*, sendo realizada a pesagem dos filés desossados seguidos das medidas de dimensão, mensuração de pH, colorimetria ( $L^*$  - luminosidade,  $a^*$  - teor de vermelho e  $b^*$  - teor de amarelo), capacidade de retenção de água (CRA), perda por exsudação (*Drip Loss*), perda por cocção e força de cisalhamento. Não foi possível ver diferença de temperaturas através da técnica de termografia infravermelha entre peitos normais e peitos acometidos com a miopatias *White striping* e *Wooden breast*. Aos aspectos qualitativos pode-se ver mudanças nos aspectos qualitativos e aspectos físicos a medida que houve o aumento do grau de severidade das miopatias, assim, comprometendo a qualidade de carne.

**Palavras chaves:** estriação branca, peito amadeirado, qualidade da carne, temperatura superficial

### Abstract

PORFIRIO, E. F. **Infrared thermography in the detection of pectoral myopathies in broilers.** 2020. 33p. Course conclusion work (graduation) - Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados.

The objective of this study was to evaluate the surface temperature of the pectoral muscle in the cranial, medial and caudal regions, as well as the meat quality of broilers affected by White striping and Wooden breast myopathies. The experiment was carried out at the Federal University of Grande Dourados, in the experimental aviary of the Faculty of Agricultural Sciences. The birds used in the experiment were from the Cobb 500® line, with 300 male and female day old chicks housed, after the initial weighing and standardization of the weights with a variation of  $\pm 10\%$ . The experimental diets were supplied ad libitum and formulated based on corn and soybean meal according to the production phase. Infrared thermography was performed at 35 days of age, where the surface temperatures of the breast of 300 birds were recorded. At 35 days of age, after the registration of the thermographic images, the birds were slaughtered to assess the breasts for the presence and severity of myopathies. After cooling, the breasts were boned and separated to characterize myopathies. After the characterization of myopathies, the samples were cooled and analyzed 24 hours post mortem, and the boneless fillets were weighed followed by measurements of size, pH measurement, colorimetry (L \* luminosity, \* red and b \* yellow), water retention capacity, Drip Loss, cooking loss and shear force. It was not possible to see a temperature difference using the infrared thermography technique between normal breasts and breasts affected by White striping and Wooden breast myopathies. In the qualitative aspects, changes in the qualitative and physical aspects can be seen as there was an increase in the degree of severity of myopathies, thus, myopathies ended up compromising the quality of meat.

**Keywords:** meat quality, surface temperature, White striping, Wooden breast

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, os frangos de corte foram selecionados para o alto rendimento de carne, visando suprir a demanda pelo mercado consumidor, contudo, a seleção levou a maior incidência de miopatias peitorais *White striping* (estriação branca), *Wooden breast* (peito amadeirado), características de peito espaguete e outras anomalias no músculo das aves, como carne DFD (colorações escuras, firmes e secas) e PSE (pálido, macio e exsudativo) (Baldi et al., 2018).

A evolução genética proporcionou um aumento exacerbado no crescimento das miofibras, ocasionando restrição de fluxo sanguíneo e acarretando a falta de oxigênio circulante (Mudalal et al., 2014) desencadeando um processo de isquemia muscular (Joiner et al., 2014). Essas alterações podem ser facilmente identificadas pelo consumidor, em função dos aspectos de coloração e consistência, sendo a miopatia *White striping* comumente observada em peito e coxas e a miopatia *Wooden breast* geralmente observada no peito de frangos de corte, embora também tenham sido relatadas lesões características dessa anomalia nas coxas e sobrecoxas (Sihvo et al., 2019). Muitos estudos têm sido realizados, com a finalidade de identificar as causas dessas alterações musculares, mas a sua etiologia e patogênese são atualmente desconhecidas (Sihvo et al., 2018) e não existem estudos que comprovam que ambas miopatias são da mesma etiologia (Velleman & Clark, 2015).

Sihvo et al. (2017) identificaram que as alterações causadas pelo *Wooden breast* podem se desenvolver em aves extremamente jovens, iniciando com uma lesão focal em aves com aproximadamente dez dias de idade e progredindo para uma fase crônica e difusa afetando todo o músculo peitoral em aproximadamente cinco a seis semanas (Sihvo et al., 2018). De acordo com Petracci et al. (2019), filés de peito mais espessos e mais pesados estão correlacionados com a ocorrência e severidade de *White striping*. No entanto, os maiores pesos médios de filés não são afetados unicamente por *White striping*, mas também por *Wooden breast* ou ambos simultaneamente (Baldi et al., 2018).

Ambas miopatias, *Wooden breast* (Papah et al., 2017) e *White striping* (Owens & Vieira, 2012), inicialmente se desenvolvem na porção cranial do peito e, à medida que essa condição piora, vai se tornando difusa, ou seja, espalha-se por todo músculo peitoral. Os músculos acometidos por *White striping* e *Wooden breast*, são caracterizados por um estado de hipóxia grave, ou seja, a baixa concentração de oxigênio no tecido, o que vai acarretar em estresse oxidativo, posterior inflamação do tecido, e por fim, à miodegeneração (Petracci et al., 2019).

A hipertrofia das fibras possivelmente causa o estado hipóxia, decorrente da falta de circulação sanguínea/oxigênio, que possivelmente ocorre uma redução do espaço que

normalmente seria ocupado por tecido esquelético e vasos sanguíneos, ocasionando um baixo suprimento sanguíneo para o músculo (Boerboom et al., 2018). Pelo baixo fluxo sanguíneo/oxigênio, ocorre a uma redução do seu metabolismo e também alterações morfológicas da célula (Velleman, 2015), assim, músculos/regiões que passam por processo de hipóxia tornam-se mais frias em comparação a regiões musculares normais.

Segundo Boerboom et al. (2018), o tecido muscular tenta superar o estado de hipóxia aumentando o fluxo sanguíneo, mas, esse mecanismo pode contribuir para o estresse oxidativo pelo acúmulo de óxido nítrico responsável pela dilatação dos vasos sanguíneos, contribuindo ainda com a inflamação dos tecidos e degeneração do tecido muscular. O estado de inflamação ocasionado no músculo, é proveniente do estresse oxidativo advindo do estado de hipóxia, com isso (Boerboom et al., 2018), as regiões musculares inflamadas tendem a ser mais quentes (Gavrila 1999), em comparação as regiões musculares que não sofrem alguma anomalia muscular.

Aplicações de técnicas não destrutivas, como a termografia infravermelha, são necessárias quando existe a necessidade da identificação de uma anomalia muscular. Ainda mais, quando a anomalia apresenta respostas térmicas durante seu desenvolvimento. Como exemplo do estado de hipóxia, inflamação e necrose do músculo acometido por *White striping* e *Wooden breast*, que apresenta respostas térmicas de acordo com o grau de evolução da anomalia. Pesquisas demonstram que a termografia infravermelha pode ser extremamente importante na localização e a avaliação de anomalias no músculo (como a miopatia *Wooden breast* e *White striping*), justamente por permitir a detecção de áreas inflamadas no músculo, por meio da maior produção de calor ou áreas que estão em estado hipóxia, baixo fluxo sanguíneo ou tecido cicatrizado, por meio da menor produção de calor, ou seja, áreas mais frias (Eddy et al., 2001).

A termografia infravermelha revelou-se uma ferramenta interessante como um método de avaliação *in vivo* das miopatias peitorais em frangos de corte machos (Castilho, 2020), mostrando-se necessária a realização de mais estudos sobre o gradiente de temperatura nas três regiões da musculatura peitoral (cranial, medial e caudal) com o intuito de correlacionar os graus das miopatias com a temperatura superficial do peito, visto que as lesões iniciam-se na parte cranial com graus mais leves e de acordo com o agravamento das miopatias estendem-se por todo o peito. Diante do apresentado, esse trabalho tem como objetivo avaliar a temperatura superficial do músculo peitoral nas regiões cranial, medial e caudal bem como a qualidade da carne de frangos de corte acometidos pelas miopatias *White striping* e *Wooden breast*.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1 Avanços na avicultura

O grande crescimento ocorrido na avicultura de corte, devido à alta demanda, foi de grande importância para o setor econômico para diversos países, principalmente em países em que o setor agropecuário possui grande interferência econômica e social, como exemplo do Brasil. Segundo a associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2020), o Brasil produziu no ano de 2019 cerca de 13,245 milhões de toneladas de carne de frango. Com esta produção, o Brasil se classifica em terceiro maior produtor de carne de frango, ficando atrás apenas da China com produção de 13,750 milhões de toneladas e dos Estados Unidos com produção de 19,941 milhões de toneladas.

O Brasil se consagra o maior exportador mundial de carne de frango, com cerca de 4,214 milhões de toneladas de carne de frango, seguido dos Estados Unidos com 3,261 milhões de toneladas de carne de frango (ABPA, 2020). Esse grande sucesso no mercado externo é devido à sua capacidade de produzir esta proteína com preços altamente competitivos comparados a outros mercados mundiais. Cerca de 32% da carne total produzida é exportada e 68% é destinado ao mercado interno, isso mostra o grande potencial que o Brasil tem a oferecer ao mercado consumidor (ABPA, 2020).

A Avicultura Brasileira cresce a cada ano, pois os programas de melhoramento genético nesse setor, fez com que as aves tornassem prontas ao abate cada vez mais jovens, assim aumentando a escala produtiva e gerando mais lucros ao setor em função do seu melhor desempenho em tempo reduzido. Não só o melhoramento genético, mas também a nutrição e a sanidade contribuíram para o excelente desempenho da avicultura brasileira, isso mostra a importância da tecnologia no setor, visando a redução dos custos e o aumento do bem-estar das aves (Espíndola, 2012).

As grandes empresas genéticas de frangos de corte com seus programas de melhoramento, fizeram com que estes frangos aumentassem o seu rendimento, este melhoramento trouxe grandes benefícios como aves mais pesadas, aves com maior rendimento de peito, aves prontas ao abate mais jovens, só que além destes benefícios, trouxe também alguns problemas, como as miopatias em frangos (Dalle Zotte et al., 2015). 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. Sendo o fator genético a provável causa de duas miopatias emergentes denominadas *White striping* e *Wooden breast* que afetam o músculo peitoral maior (*Pectoralis major*) e outros músculos (Lorenzi et al., 2014)

## 2.2 Miopatias peitorais

A seleção genética trouxe uma grande transformação no perfil anatômico e fisiológico dos frangos de corte, na qual o alto crescimento em curto espaço de tempo resultou em hipertrofia muscular alterando suas características estruturais, funcionais e metabólicas (Petracci et al., 2015). Comparando as fibras musculares antes da seleção genética, o tecido muscular de aves com rápido crescimento exibe maior diâmetro e maior taxa de degradação muscular (Velleman & Clark, 2015).

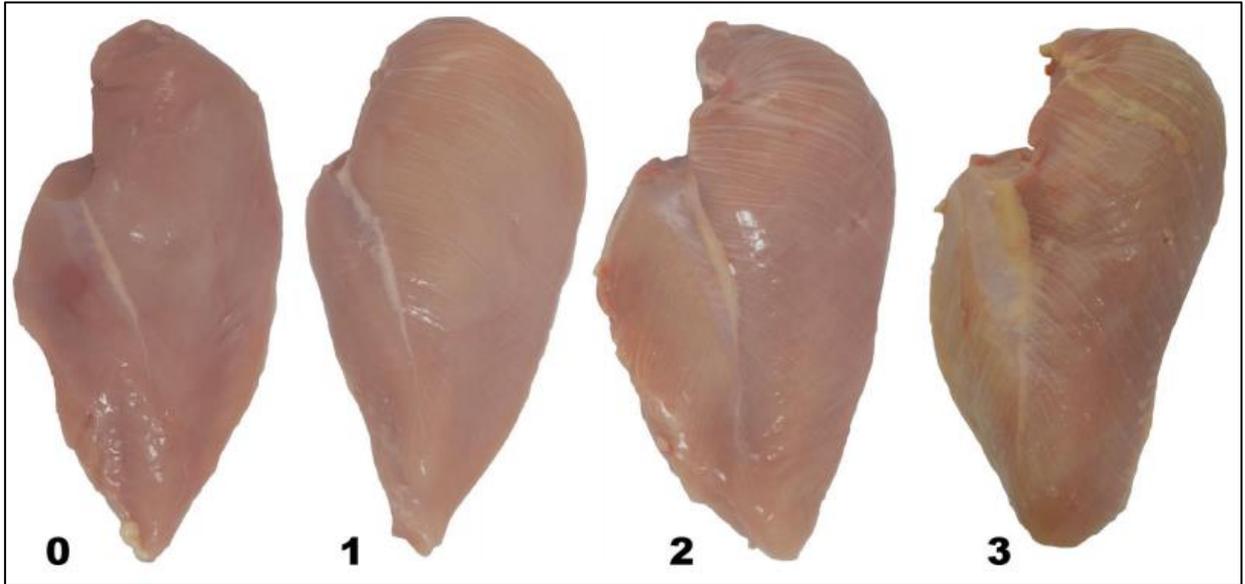
Essa grande transformação no desenvolvimento muscular dos frangos de corte trouxe a ocorrência de *White striping* e *Wooden breast*. São anomalias que afetam o peito do frango e trazem consequências grandes na cadeia avícola, por haver condenações de carcaças e diminuição da aceitação de compra pelo consumidor, além também de afetar as condições físicas e químicas da carne. De acordo com Kuttappan et al. (2012a) em seu estudo sobre *White striping* concluíram que a ocorrência de *White striping* em frangos afeta diretamente a aceitação dos filés de peito pelos consumidores, na qual 50% deles talvez não comprariam filés de peito com *White striping*, tornando-se um problema para a indústria. Carcaças acometidas por *Wooden breast* apresentam aparência anormal (cor pálida, hemorragia e exsudato dependendo do grau de acometimento) aumentando as condenações de carcaças e diminuindo a aceitabilidade do produto, resultando também em perdas econômicas a toda a cadeia produtiva de aves (Zambonelli et al., 2016).

Estas anomalias ocorrem em todo o mundo, descartando a hipótese de ser ocorrências regionais. 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.

### 2.2.1 *White striping*

*White striping* é caracterizado por estriamento branco visto paralelamente à direção das fibras musculares do peito de frangos de corte, sendo associado com aves mais pesadas ou com maior taxa de crescimento das aves (Kuttappan et al., 2012a). Os peitos acometidos por *White striping* podem ser classificados conforme descrito na Figura 3, sendo Peito Normal (Zero), sem linhas brancas distintas; Moderada (Grau 1), apresentando pequenas linhas brancas, geralmente com <1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé; Grave (Grau 2), linhas brancas grandes (1 - 2 mm de espessura) muito visíveis na superfície do filé; Severo (Grau 3), linhas brancas grossas (> 2 mm espessura) cobrindo quase toda a área do filé,

podendo variar a classificação de acordo com cada tipo de metodologia (Kuttappan et al., 2012a).



**Figura 1.** Graus de *White striping* em filé de peito de frango.

Fonte: Kuttappan et al. (2016).

Conforme Kuttappan et al. (2012b), o maior crescimento resulta em maior incidência de frangos de corte com *White striping*, e os graus de miopatia estão relacionados com alterações na composição química destes filés de peito. Em outros estudos, Kuttappan et al. (2013a) constataram acréscimo no teor de gordura muscular e decréscimo de proteína, conforme o aumento do grau de severidade de *White striping*, estas modificações indicam uma miopatia degenerativa que pode estar associada com a taxa de crescimento das aves.

A etiologia da *White striping* ainda é desconhecida, porém pode estar relacionada com o aumento da taxa de ganho de peso e com a idade da ave. Essas alterações teciduais no peito precisam ser estudadas para se avaliar se essas condições estão dentro de uma faixa fisiológica normal ou uma anormalidade muscular (RUSSO et al., 2015). Ferreira (2012) verificaram que há relação positiva do peso do filé sobre a incidência e severidade de *White striping*, na qual avaliaram peitos de frango com peso inferior e superior a 310 g e concluíram que amostras com maior peso, 12,65 % apresentaram estriações de grau severo e 82,27 % de grau moderado, diferente dos peitos abaixo de 310g, que apresentaram incidência dos graus severo de 3,08 % e moderado 84,62 %.

Petracci et al. (2013) estudaram o efeito dos genótipos (linhagens de alto e médio rendimento de peito) na incidência de *White striping* e verificaram que linhagens de alto

rendimento de peito apresentaram maior incidência de *White striping* do que as linhagens de rendimento de peito padrão. Kuttappan et al. (2013b) verificaram que frangos de corte machos apresentaram maior incidência de *White striping* do que as fêmeas. Os mesmos autores também descobriram que a dieta de alta energia aumentou a incidência quando comparada com a dieta de baixa energia. Kuttappan et al. (2012b) verificaram que a incidência de *White striping* atingiu 50 % enquanto a estimativa de incidência de *White striping* foi de 12 % por Petracci et al. (2013). Mesmo a origem etiológica do *White striping* ainda ser desconhecida, vários autores mostraram que a anormalidade do *White striping* é acompanhada por diferentes lesões histológicas, como diferenças no tamanho das fibras, degeneração / regeneração das fibras, fibrose e lipidose e sinais de inflamação (Shivo et al., 2014).

### 2.2.2 *Wooden breast*

*Wooden breast* é a lesão muscular mais atual que acomete os frangos de corte, e é caracterizada por um endurecimento do músculo peitoral, que pode ter em sua superfície uma cor mais pálida, hemorragia e exsudato dependendo do seu grau de acometimento (Kuttappan et al., 2016). Essa rigidez pode ser localizada, de forma que o músculo apresente consistência rígida em pontos específicos, enquanto outras áreas têm consistência normal, ou difusa, em que se estende por todo o peito (Sihvo et al., 2018).

Peitos de frango acometidos com a miopatia *Wooden breast*, podem ser classificados conforme apresentados na Figura 4 mm: Grau zero, na qual os filés de peito são considerados normais (cor e consistência normal); Grau 1, filés de peito considerados moderados (consistência endurecida e cor pálida na área cranial com poucas estrias brancas); e Grau 2, os filés de peito são considerados de acometimento severo (endurecido e pálido no músculo inteiro e com várias listras brancas) (Sihvo et al., 2017).



**Figura 2.** Graus de *Wooden breast* em filés de peito de frango.

Fonte: Kuttappan et al. (2013a).

Segundo Fraga et al. (2015) em seus estudos sobre a miopatia *Wooden breast*, macroscopicamente, observaram fluido de coloração translúcida a amarelada com aspecto gelatinoso. Já histologicamente, os filés com *Wooden breast* classificados como moderada, apresentaram parte das miofibras com degeneração hialina, com fibras hipereosinofílicas e perda das estriações transversais, além de infiltração intersticial de tecido conjuntivo frouxo, tecido gorduroso e infiltrado esparsos de células mononucleares e debris celulares. Já para lesão severa, a maioria das miofibras apresentavam degeneração de hialina à flocular e necrose.

A miopatia *Wooden breast*, pode ser identificada por palpação do peito de aves vivas a partir de três semanas de idade, sendo mais localizada em aves de maior peso (Mutryn et al., 2015), contudo é uma classificação subjetiva. Embora numerosos estudos tenham especulado sobre a etiologia dessa miopatia, ainda não existe nada concreto sobre a origem. Sihvo et al. (2014) em seus estudos, relataram que há maior incidência de *Wooden breast* em aves mais pesadas e com taxas de crescimento rápido. Mudalal et al. (2015) observaram que peitos com *Wooden breast* geralmente apresentam maior peso e espessura do que o normal, confirmando que as aves de mesmo lote com maior desenvolvimento do músculo peitoral estão mais sujeitas a anomalias.

A seleção resultou em aumento da degeneração das fibras musculares (Dransfield & Sosnicki, 1999), fibras musculares de maior diâmetro (Sosnicki & Wilson, 1991), diminuição do suprimento de sangue capilar no músculo, redução do espaçamento do tecido conjuntivo entre feixes de fibras musculares (Lorenzi et al., 2014). A incidência de *Wooden breast* também

é maior em frangos de corte machos abatidos em idades mais avançadas e aves mais pesadas (Trocino et al., 2015). Em função do grande ganho de peso que estas aves apresentam e da diferente composição corporal, os frangos de corte de crescimento rápido têm fibras musculares do peito de três a cinco vezes maior que as aves de crescimento lento (Dransfield e Sosnicki, 1999).

### **2.3 Efeitos na qualidade da carne**

Segundo Ismail & Joo (2017), para produzir carne de frango de alta qualidade é importante antes entender os parâmetros de qualidade, bem como os fatores que os controlam, tudo isso para o entendimento das características das fibras musculares e da qualidade da carne de frango. O tecido muscular esquelético compõe a maior parte da musculatura das aves, sendo responsável por 30-40% do peso corporal, que vem sofrendo grandes mudanças decorrente do intenso processo de melhoramento genético das espécies comerciais (Barbut et al., 2015). Em decorrência do melhoramento genético, o músculo peitoral apresentou alterações com o intuito de aumentar seu rendimento através da hipertrofia de suas fibras musculares (Stringhini et al., 2003). As miofibras ocupam um espaço de 75 a 92% do volume do músculo, o restante sendo preenchido por vasos sanguíneos, tecido conjuntivo, fluidos extracelulares e nervos (Vieira et al., 2017). No entanto, o grande crescimento muscular ocasionou uma deficiência no aporte nutricional devido a redução da irrigação sanguínea, gerando um aumento da degeneração muscular, sendo esta consequência evidenciada nas miopatias (Kuttappan et al., 2013a).

Ambas miopatias *White striping* e *Wooden breast* alteram os parâmetros qualitativos na carne frango, podendo diminuir a aceitabilidade do produto pelo consumidor, em se tratando de cortes comerciais (Zombonelli et al., 2016). Também podendo diminuir as propriedades tecnológicas da carne, assim diminuindo o valor agregado do produto, impactando negativamente na cadeia avícola de frangos de corte (Sihvo et al., 2014).

Segundo Rosa et al. (2013), a aparência, a cor, o sabor, aspectos nutritivos, praticidade de preparo, custo e variedade de cortes, dentre outros, são os pontos determinantes na qual leva o consumidor a consumir a carne de frango. Visto que as miopatias alteram as condições visuais da carne de frango e isso tem impactos negativos à indústria avícola, pois diminui a aceitação do produto pelo consumidor. Além dos danos visuais, afetam também as características químicas da carne, pois, aves acometidas ao grau severo de *White striping* aumentam a deposição de gordura intramuscular com um perfil diferente de ácidos graxos quando comparadas com aves sem a condição dessa miopatia (Kuttappan et al., 2013b). Soglia et al.

(2016) também identificaram alterações de aumento de umidade, gordura e colágeno, além de diminuição no teor de proteína.

A miopatia *Wooden breast* também apresenta o maior teor de lipídio a medida que aumenta o grau de degeneração (Mazzoni et al., 2015), além de apresentar capacidade de retenção de água reduzida e alterações na textura, o que pode estar associada a dureza encontrada nos cortes com esta miopatia *Wooden breast* (Mudalal et al., 2015). Este aumento no teor de gordura, pode influenciar nas características de qualidade da carne *in natura* e no produto elaborado. Segundo Dalle Zotte et al. (2017), as características qualitativas da carne com miopatia são alteradas devido a miodegeneração das fibras musculares do peito.

Quanto às características de coloração, em estudos realizados por Petracci et al. (2013) em peitos acometidos a miopatia *White striping*, tenderam a apresentar maiores teores de amarelo ( $b^*$ ) em comparação a peitos sem a miopatia, podendo ser devido às fortes respostas fibróticas associadas à miodegeneração.

Já Kuttappan et al. (2011), não identificaram relação significativa para os parâmetros  $L^*$  (luminosidade) e  $a^*$  (intensidade de vermelho) em peitos acometidos por *White striping*, entretanto quanto maior o grau desta miopatia, maior foi a intensidade de amarelo ( $b^*$ ), sendo resposta da maior porcentagem de gordura. Neste mesmo estudo, o pH não apresentou diferença significativa em peitos acometidos com *White striping* em comparação aos frangos sem a miopatia. Em contrapartida, Bowker e Zhuang (2016) observaram que peitos acometidos pela miopatia apresentaram maiores valores de pH em comparação a peitos considerados normais (sem a presença de *White striping*). 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). 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.

O peito de frangos acometidos pela miopatia *White striping* quando comparada a peitos normais, apresentam menor capacidade de retenção de água (CRA) e menor força de cisalhamento (podendo ser pela grande deposição de gordura entre as fibras musculares e a miodegeneração) (Petracci et al., 2013). Em contrapartida, Tedesco & Schneider (2016) observaram que peitos acometidos pela miopatia *White striping* tenderam a apresentar maiores valores de força de cisalhamento, assim, mostrando ser uma carne mais dura. Segundo Bowker e Zhuang (2016) pode estar associado a um maior conteúdo de colágeno e de tecido conjuntivo. Ainda no mesmo estudo observaram que os peitos acometidos pela miopatia *White striping*

apresentaram maior capacidade de retenção de água. O que é desejável do ponto de vista de processamento, pois os tecidos com maior CRA perdem pouca umidade e peso durante o armazenamento.

Aos peitos acometidos pela miopatia *Wooden breast* quando comparado aos filés normais, possuem maiores teores de vermelho (a\*), amarelo (b\*) e de pH (Dalle Zotte et al., 2017). Segundo o estudo realizado por Zhuang & Bowker (2018), peitos acometidos a miopatia *Wooden breast* tenderam a apresentar maiores teores de amarelo (b\*) e vermelho (a\*) comparado a peitos não acometidos pela miopatia *Wooden breast*. Soglia et al. (2016) observaram que peitos acometidos pela miopatia *Wooden breast* não apresentam diferenças nos valores de pH, em comparação a peitos de frangos não acometidos pela miopatia. O mesmo pode ser visto em um trabalho realizado por Trocino et al. (2015), no qual não encontraram diferença nos valores de pH para peitos acometidos pela miopatia *Wooden breast* em comparação a peitos normais. Em contrapartida, Dalle Zotte et al. (2017) observaram que peitos acometidos pela miopatia *Wooden breast* tendem a apresentar maiores valores de pH, em comparação a peitos de frangos sem a miopatia.

Segundo Dalle Zotte et al. (2017), peitos de frangos acometidos pela miopatia *Wooden breast* quando comparada a peitos normais, apresentam menor capacidade de retenção de água (CRA) maior força de cisalhamento (FC), podendo ser decorrente da baixa retenção de água. Chatterjee et al. (2016) verificaram que peitos acometidos pela miopatia *Wooden breast* apresentam maior força de cisalhamento, e essa força aumenta conforme o desenvolvimento do grau de miopatia. Baldi et al. (2019) encontraram resultados parecidos ao avaliar a textura de peitos de frango com miopatias *Wooden Breast* e evidenciaram que peitos acometidos pela miopatia requerem uma maior força de compressão.

## **2.4 Termografia infravermelha**

A termografia infravermelha é considerada um método seguro, não invasivo e capaz de analisar temperaturas diferentes áreas (Vercellino et al., 2010). Sendo capaz de detectar e converter em tempo real a radiação infravermelha de objetos visíveis e com possibilidade de medição. A intensidade da radiação emitida por determinado objeto aumenta de acordo com a temperatura, segundo a Lei de Planck sobre a radiação de corpos negros (Wilcox et al., 2009). Com isso, a termografia fornece parâmetros qualitativos e quantitativos sobre a temperatura da superfície do corpo medido (Maldague et al., 2001).

A termografia infravermelha é muito utilizada para estimar a temperatura média da área do corpo que deseja mensurar, medindo a emissão de energia infravermelha em uma

determinada faixa espectral, com o objetivo de observar possíveis processos inflamatórios (Tessier et al., 2003) auxiliando na percepção e localização de focos específicos de anormalidades teciduais, evidenciando o grau de comprometimento dos mesmos. Pois em uma reação inflamatória, o calor é um dos sinais que indicam esse processo, uma vez que reflete o metabolismo e circulação do tecido (Vianna & Carrive, 2005). Em contrapartida, os pontos frios, podem ser observados em regiões em que músculo está em estado de hipóxia, por conta da baixa irrigação sanguínea (Boerboom et al., 2018), regiões de necrose (Bailey et al., 2004) e tecidos em fase final de cicatrização (Vieira et al., 2002). Segundo Paulrud et al. (2005) observaram que animais saudáveis apresentam um grau de simetria térmica, já quando apresentam alguma anomalia no tecido ocorrem assimetrias anormais no local, sendo assim, podendo ser detectado pela termografia infravermelha.

A termografia vem sendo utilizada como ferramenta complementar no diagnóstico de diversas enfermidades (Figueiredo et al., 2012). Existem vários trabalhos envolvendo a termografia infravermelha em animais, os quais utilizaram o método de termografia infravermelha para detecção de laminite em bovinos de leite (Oikonomou et al., 2014), equinos (Douthit et al., 2014) e suínos (Amezcuca, et al., 2014), detecção de mastite em ovinos (Nogueira et al., 2013), vacas de leite (Digiovani et al., 2014) e cabras (Seino et al., 2019). Em aves vem sendo muito utilizada para mensuração de calor metabólico (Nããs et al., 2010), pododermatite (Jacob et al., 2016), avaliação de estresse (Moe et al., 2017) e problemas de claudicação ocasionadas por infecções bacterianas (Weimer et al., 2019).

Sendo assim, o uso de técnicas de avaliação *in vivo* das miopatias pode contribuir com as pesquisas no setor avícola. Como a utilização da termografia infravermelha, que é uma ferramenta não invasiva com potencial para diagnóstico em tempo real (Simon et al., 2006) e pode ser usado também para auxiliar no diagnóstico destas anomalias que apresentam respostas térmicas por conta do comprometimento que essas anomalias causa às fibras musculares do peito.

Petracci et al. (2015) e Petracci et al. (2017) relataram que a taxa de crescimento acelerado no músculo peitoral altera o metabolismo muscular, assim, induzindo ao início de características degenerativas e regeneração leve. Pois, o sistema vascular não consegue se desenvolver na mesma velocidade das fibras musculares, substituindo a musculatura danificada por tecido adiposo e conjuntivo (Kuttappan *et al.*, 2013a).

### 3. Material e Métodos

#### *Aves e alojamento*

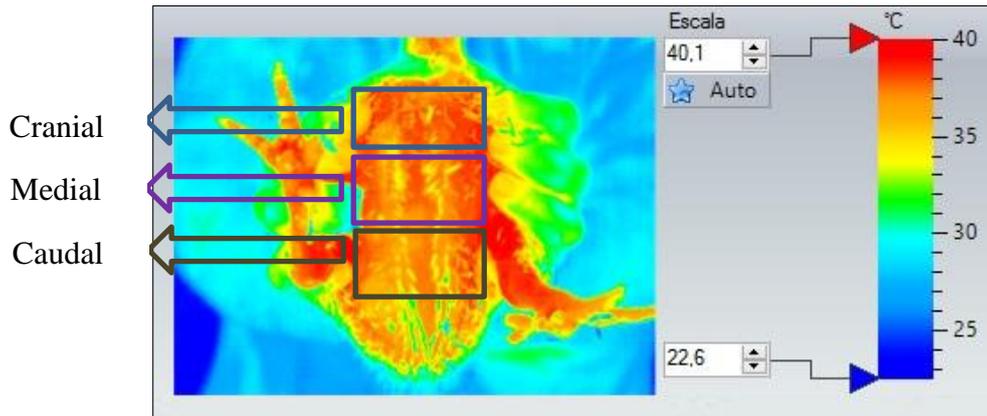
Todos os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA da Universidade Federal da Grande Dourados (protocolo CEUA/UFGD 12/2019).

O experimento foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, no aviário experimental da Faculdade de Ciências Agrárias. O aviário dispõe de 56 boxes, com área de 4,5m<sup>2</sup> cada, com bebedouro pendular, comedouro tubular, cortinas e sobrecortinas, ventiladores, aspersores, exaustores e placas evaporativas para o controle da temperatura interna, com painel de acionamento automático. O aquecimento inicial foi feito através de lâmpada infravermelha de 250 W para cada box. O programa de luz adotado foi contínuo de 23 horas de luz na primeira semana e intermitente nas demais, sendo diminuído o fotoperíodo gradativamente até os 11 dias de vida, quando as aves foram submetidas a 18 horas de luz e intensidade luminosa de 22 lúmens por m<sup>2</sup>.

As aves utilizadas no experimento foram da linhagem Cobb 500®, sendo alojados 300 pintos de um dia machos e fêmeas, após a pesagem inicial e uniformização dos pesos com variação de  $\pm 10\%$ . As aves foram criadas com densidade de 14 aves/m<sup>2</sup> durante até os 35 dias de idade. As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum* e formuladas a base de milho e farelo de soja de acordo com a fase produtiva, fase pré-inicial, inicial, crescimento I, crescimento II e final, atendendo as exigências nutricionais de Rostagno et al. (2017). As demais práticas de manejo foram adotadas seguindo o manual da linhagem.

#### *Termografia infravermelha*

A Termografia infravermelha foi realizada aos 35 dias de idade, onde, foi registrada a temperatura superficial do peito das 300 aves, utilizando-se a câmera termográfica da marca Testo®, modelo 868. Foram obtidas imagens termográficas cobrindo toda a extensão do lado esquerdo do peito dos frangos de corte. As imagens foram submetidas ao processamento do software IRSoft da Testo®, a partir de 30 pontos selecionados aleatoriamente na superfície do peito em cada porção (cranial, medial e caudal) (Figura 5). A emissividade adotada foi de 0,95 (Nääs et al., 2010).



**Figura 3.** Imagem termográfica e a distribuição da temperatura superficial do músculo peitoral dos frangos de corte.

Fonte: Adaptado de Castilho (2020).

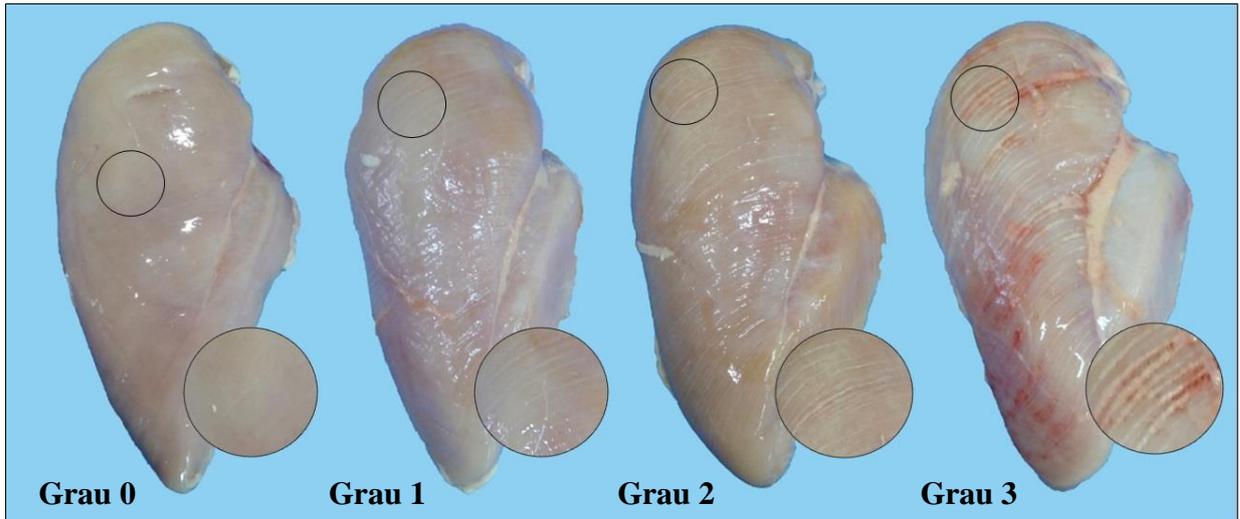
#### *Procedimento de abate*

Aos 35 dias de idade, após o registro das imagens termográficas, as aves foram abatidas para avaliação dos peitos quanto à presença e severidade das miopatias. As aves foram submetidas ao jejum alimentar de oito horas no aviário, acondicionadas em caixas plásticas com capacidade para oito aves e transportadas ao Laboratório de Carnes da FCA/UFGD.

As aves foram sacrificadas por deslocamento cervical seguida de secção das veias jugulares e artérias carótidas e sangradas por três minutos. A escaldagem das carcaças foi feita 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 após a depenagem procedeu-se de forma manual. Após a evisceração das carcaças, foi realizada o resfriamento das carcaças via água e com duração de 12 minutos no *pré chiller* à temperatura de 10 a 18°C e *chiller* com duração de 18 minutos à temperatura de zero a 2°C.

#### *Caracterização das miopatias e seleção das aves*

Após o resfriamento, os peitos foram submetidos a desossa e separados para caracterização das miopatias. Os peitos foram classificados entre um dos quatro scores de *White striping* (WS) estabelecidos em grau zero ou normal, o filé que não apresentou nenhuma estriação; grau 1 ou moderado, que possuíam estrias finas, geralmente com menos de 1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé; grau 2 ou grave, estrias largas com espessura entre 1 a 2 mm, muito visíveis na superfície do filé; grau 3 ou extremo, estrias grossas maiores que 2 mm de espessura, cobrindo quase toda a superfície do filé (Figura 6).



**Figura 4.** Classificação de *White striping* no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte.

Fonte: Castilho (2020).

A condição de *Wooden breast* (WB) nos filés de peito foi identificada após o abate das aves através da palpação manual (Tijare et al., 2016) e o grau de severidade (Figura 7) classificado conforme descrito por Sihvo et al. (2017). Consideraram-se grau 0 ou normal, o filé que apresentou cor e consistência normais; grau 1 ou moderado, onde a consistência do filé apresentou-se endurecida e a coloração pálida na área cranial do filé; e, grau 2 ou severo, em que o músculo se apresentou severamente endurecido e pálido com estrias brancas ao longo da superfície.



**Figura 5.** Classificação de *Wooden breast* no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte.

Fonte: Castilho (2020).

Os filés se apresentaram normais, filés com apenas *White striping*, filés com apenas *Wooden breast* e filés com *White striping* e *Wooden Breast* associados em diferentes escores. Desta maneira, as diferentes classificações observadas foram consideradas os tratamentos:

- Filés normais não apresentaram nenhum tipo de lesão (Normal);
- Filés com apenas *White striping* (WS);
- Filés com apenas *Wooden breast* (WB);
- Grau 1 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast* (WS1WB1);
- Grau 2 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast* (WS2WB1);
- Grau 3 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast* (WS3WB1);
- Grau 1 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast* (WS1WB2);
- Grau 2 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast* (WS2WB2);
- Grau 3 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast* (WS3WB2).

Após a realização do abate e a classificação dos peitos de acordo com os escores de miopatias, foi elaborada a tabela de estatística descritiva contando também com o número de animais por escore e o número de aves selecionadas para a seleção das temperaturas superficiais avaliadas (Tabela 1).

Para a seleção das amostras as quais seriam realizadas análises, a partir das amostras classificadas de acordo com os escores de peitos de frangos, foram amostrados aleatoriamente aves por escore, de acordo com a disponibilidade, selecionando as temperaturas superficiais das porções cranial, medial e caudal.

#### *Análise de qualidade da carne*

Após a caracterização das miopatias as amostras foram resfriadas e analisadas 24 horas *post mortem*, e realizou-se a pesagem dos filés desossados seguidos das medidas de dimensão do peito utilizando um paquímetro digital seguindo a metodologia de Mudalal et al. (2014), mensurando-se largura, comprimento e espessuras dos filés (cm). A mensuração de pH foi realizada utilizando um pH-metro digital Texto 205 (calibrado com soluções tampões com pH 4,0 e 7,0 + 0,05/25 °C), onde a medição foi realizada em três pontos diferentes na região do

**Tabela 1.** Tabela de estatística descritiva.

	Normal	WS	WB	WS1WB1	WS2WB1	WS3WB1	WS1WB2	WS2WB2	WS3WB2
N	8	11	16	109	18	8	93	54	13
PV Max (kg)	2,158	2,456	2,544	2,956	2,532	2,422	2,818	2,844	2,610
PV Min (kg)	1,716	1,794	1,660	1,594	1,828	1,876	1,356	1,79	1,878
PV±DP (kg)	1,98±0,12	2,09±0,19	2,03±0,22	2,14±0,26	2,11±0,21	2,12±0,21	2,26±0,27	2,33±0,28	2,38±0,22
P. Peito max (kg)	0,644	0,674	0,770	0,888	0,822	0,726	0,910	0,940	0,891
P. Peito min (kg)	0,494	0,554	0,460	0,444	0,519	0,640	0,395	0,475	0,603
P. Peito±DP (kg)	0,57±0,05	0,61±0,04	0,61±0,08	0,63±0,08	0,63±0,08	0,64±0,07	0,70±0,1	0,73±0,1	0,76±0,09
Nº Seleccionadas	8	10	14	19	15	8	15	18	13

Normal: Filés normais não apresentaram nenhum tipo de lesão; WS: *White striping*; WB: *Wooden breast*; WS1WB1: Grau 1 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS2WB1: Grau 2 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS3WB1: Grau 3 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS1WB2: Grau 1 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*; WS2WB2: Grau 2 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*; WS3WB2: Grau 3 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*.

peito, localizados na parte superior, intermediária e inferior do músculo, adotando-se o valor médio das três medições.

De forma semelhante, a cor dos peitos determinada através do colorímetro Minolta portátil CR 400, calibrado no sistema CIELab, e foram avaliados os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (teor de vermelho) e b\* (teor de amarelo). Antes das medidas de cor, os filés de peito foram previamente expostos ao ar livre por 30 minutos a uma temperatura de 15°C, conforme metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

Nas avaliações de 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. Onde, 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 o procedimento, as amostras de peito foram retiradas e pesadas novamente (Hamm, 1960). A porcentagem de CRA foi determinada pela diferença entre o peso final e peso inicial da amostra.

Para a perda por exsudação (*drip loss*) foram utilizadas 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). Para 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).

A determinação da força de cisalhamento foi realizada utilizando o equipamento texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems). As amostras utilizadas foram as usadas para determinação da perda de peso por cozimento e foram cortadas em paralelepípedos com dimensões de 1x1x2cm em quintuplicata e colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular entre à lâmina Warner-Blatzler acoplado ao analisador de textura TA.XT plus (Stable Micro Systems). Os resultados foram expressos em Kg/força/cm<sup>2</sup> e a velocidade de descida da lâmina foi de 200 mm/minuto.

### *Análise estatística*

Os dados foram verificados quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). As médias de todos os tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey. Foi ainda realizada comparação das médias dos grupos que apresentaram miopatias com o grupo normal (controle) pelo teste de Dunnett. Para todas as análises realizadas o nível de significância utilizado foi de 5%.

#### **4. Resultados e Discussão**

Não foram encontradas diferenças significativas para as temperaturas nas diferentes regiões do peito de frango nos diferentes graus de miopatias. A miopatia *White striping* e *Wooden breast* ou o conjunto delas (nos diferentes graus) não influenciou na temperatura do peito nas regiões cranial, medial e caudal (Tabela 2). O que explica a ausência de diferença da temperatura nas regiões cranial, medial e caudal do peito dos frangos são os fatores externos, que na qual acaba influenciando na leitura dos dados.

A técnica de termografia infravermelha como ferramenta auxiliar no diagnóstico de enfermidades/ anomalias vêm sendo muito utilizado em animais, pois, através da captação das ondas de calor anormais do corpo animal, consegue diagnosticar ou mesmo avaliar o desenvolvimento no animal (Eddy et al., 2001), sem precisar utilizar uma técnica invasiva. Assim, conseguindo ter um estudo mais aprofundado e exato da anomalia por meio desta técnica não invasiva. Sendo antes, necessário o entendimento da técnica e de fatores que podem implicar na temperatura corporal ou local (que se deseja estudar) (Brioschi et al., 2005). Desse modo, a temperatura ambiente e umidade, e até manejos prévios ao registro das imagens podem influenciar na temperatura corporal, acarretando a resultados alterados e conseqüentemente a um diagnóstico equivocado, além de outros fatores individuais (sexo, idade, ritmo circadiano e estresse) (Côrte et al., 2016).

A ausência da diferença de temperatura superficial nos peitos acometidos as miopatias *White striping* e *Wooden breast* pode estar relacionado aos fatores externos inerentes à própria técnica utilizada. Segundo Berry et al. (2003), fatores externos como temperatura, umidade, água, radiação solar, vento, entre outros, podem influenciar na temperatura corporal do animal, assim trazendo uma leitura incorreta dos dados. Pois quando há algum estresse térmico mecanismos termorreguladores são acionados a fim de manter a homeostase corporal.

Era esperado que naquele local apresentasse um grau de assimetria térmica, por conta das anomalias que estavam acometendo o peito. Pois as miopatias *White striping* e *Wooden*

*breast* são desencadeadas por conta do estado de hipóxia causada naquele tecido, e a partir disso era esperado diferença de temperatura daquela região. O estado de hipóxia causa uma menor circulação sanguínea, com isso apresentando uma menor temperatura local. No mesmo tecido, há medida que a o desenvolvimento dessas miopatias, o corpo acaba reagindo com processos inflamatórios locais por conta do estresse oxidativo (Pettracci et al., 2019), assim tornando uma região mais quente por conta da maior circulação sanguínea que a inflamação causa. Como os graus de miopatias também estão relacionados aos processos degenerativos das fibras musculares seguido pelo processo de cicatrização, era esperado que houvesse uma menor temperatura local nas fases finais (Kuttappan et al., 2017). De acordo com Pettracci et al. (2015) e Kuttappan et al. (2016), os casos de *Wooden breast* e *White striping* exibem lesões histológicas parecidas, inclusive a miodegeneração, a fibrose e a lipidose, e ocorrem geralmente no mesmo peito. Assim diminuindo a concentração das fibras musculares e conseqüentemente a circulação sanguínea local (Ramos & Gomide, 2007).

Em relação aos parâmetros qualitativos da carne de frango de corte abatidos aos 35 dias de idade, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para o comprimento e largura de peito, pH da carne, luminosidade ( $L^*$ ), amarelo ( $b^*$ ), capacidade de retenção de água (CRA), *Drip loss* e força de cisalhamento (FC) (Tabela 3).

Em relação ao peso do filé de peito, os peitos classificados como WS1WB2, WS2WB2 e WS3WB2 foram mais pesados quando comparados aos tratamentos normal, WS e WB ( $p < 0,0001$ ). Isso indica que aves com maior peso de peito está relacionado ao maior grau de severidade da miopatia *Wooden breast* (grau 2). No entanto, os filés de peito classificados como WS3WB1, WS1WB2, WS2WB2 e WS3WB2 diferiram estatisticamente ( $p < 0,0001$ ) quando comparados aos filés classificados como normais, demonstrando que os filés acometidos por lesões miopáticas mais graves possuem maiores pesos, corroborando com os resultados de Kuttappan et al. (2013b) que verificaram que os filés acometidos pelas miopatias possuem maiores pesos. Além disso, verificou-se que os filés normais não diferiram dos filés acometidos por WS, WB, WS1WB1, WS2WB1, ou seja, o peso do filé não diferiu dos peitos acometidos pelas miopatias em graus mais leves ou isolados.

**Tabela 2.** Temperaturas superficiais (°C) das regiões cranial, medial e caudal dos filés de peito de frangos de corte abatidos aos 35 dias de idade acometidos ou não pelas miopatias *White striping* e *Wooden breast*.

	Normal	WS	WB	WS1WB1	WS2WB1	WS3WB1	WS1WB2	WS2WB2	WS3WB2	EPM	P
Cranial	38,64	38,47	38,09	38,38	38,62	37,92	38,20	38,26	38,26	0,066	0,3984
Medial	38,72	38,50	38,54	38,68	38,81	38,27	38,46	38,48	38,55	0,066	0,8488
Caudal	38,77	38,58	38,47	38,66	38,73	38,32	38,47	38,49	38,58	0,061	0,8975

Normal: Filés normais não apresentaram nenhum tipo de lesão; WS: *White striping*; WB: *Wooden breast*; WS1WB1: Grau 1 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS2WB1: Grau 2 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS3WB1: Grau 3 de *White striping* e Grau 1 de *Wooden breast*; WS1WB2: Grau 1 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*; WS2WB2: Grau 2 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*; WS3WB2: Grau 3 de *White striping* e Grau 2 de *Wooden breast*.

Teste de Tukey (P<0,05).

**Tabela 3.** Médias obtidas para parâmetros de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 35 dias de idade acometidos pelas miopatias *White striping* e *Wooden breast*.

	Normal	WS	WB	WS1WB1	WS2WB1	WS3WB1	WS1WB2	WS2WB2	WS3WB2	EPM <sup>1</sup>	P <sup>3</sup>	
Peso filé, Kg	0,333 c	0,358 c	0,354 c	0,386 bc	0,382 bc	0,429 abc <sup>#</sup>	0,441 ab <sup>#</sup>	0,452 a <sup>#</sup>	0,471 a <sup>#</sup>	0,006	<0,0001	
Comprimento, cm	16,17	16,56	16,36	16,09	16,23	16,27	16,12	15,87	16,42	0,070	0,4615	
Largura, cm	6,87	6,66	6,81	6,58	6,73	6,67	6,63	6,79	6,94	0,041	0,0947	
Espessura, cm	2,43c	2,57 c	2,49 c	2,69 bc	2,71 bc	2,82 abc <sup>#</sup>	2,95 ab <sup>#</sup>	3,12 a <sup>#</sup>	3,07 a <sup>#</sup>	0,332	<0,0001	
pH	5,89	6,02	5,86	5,89	5,92	5,96	5,95	5,99	5,99	0,013	0,0640	
C	L*	43,00	42,07	43,78	43,02	43,22	43,63	43,58	43,89	44,52	0,182	0,1984
o	a*	2,69 a	2,80 a	2,69 a	2,18 ab	2,62 ab	2,36 ab	2,09 b	2,38 ab	2,23 ab	0,013	0,0028
r	b*	7,206	6,763	7,419	7,039	7,482	6,448	7,131	7,184	6,984	0,110	0,7406
CRA <sup>2</sup> , %	36,04	34,07	33,13	33,96	34,26	33,11	36,61	36,23	35,17	0,396	0,2754	
<i>Drip loss</i> , %	4,41	4,52	4,34	4,82	5,11	5,35	5,5	5,13	5,24	0,130	0,3843	
Perda por cocção, %	26,40 b	27,24 b	27,02 b	28,29 ab	27,82 ab	30,01 ab	30,19 a <sup>#</sup>	30,83 a <sup>#</sup>	30,59 a <sup>#</sup>	0,279	<0,0001	
Cisalhamento, kgf/cm <sup>-2</sup>	1,45	1,40	1,40	1,37	1,40	1,38	1,40	1,40	1,26	0,025	0,9020	

<sup>1</sup>Erro Padrão da Média; <sup>2</sup>Capacidade de Retenção de Água; <sup>3</sup>Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo Teste Tukey (P<0,05); <sup>#</sup>Significativo no teste de Dunnett a 5% probabilidade.

A espessura do filé de peito foi maior também para os peitos WS1WB2, WS2WB2 e WS3WB2 em comparação aos classificados em WS e WB ( $p < 0,0001$ ), sendo assim, graus mais severos de *Wooden breast* (grau 2) estão relacionados a maior espessura de peito, independente do grau de severidade de *White striping* associado a miopatia *Wooden breast* grau 1 (WS1WB1, WS2WB1 e WS3WB1). Enquanto, os peitos classificados como WS3WB1, WS1WB2, WS2WB2 e WS3WB2 diferiram estatisticamente dos peitos sem a miopatia ( $p < 0,0001$ ), assim, peitos com maior espessura tendem a apresentar níveis mais severos dessas miopatias quando comparados a peitos normais.

A grande taxa de crescimento das aves e peso do filé de peito estão associados diretamente com o surgimento de miopatias que lesionam os músculos peitorais dos frangos de corte (Kuttappan et al., 2017). O que explica a maior severidade das miopatias *Wooden breast* e *White striping* estar associado ao maior peso e espessura do filé. De acordo com Petracci et al. (2019), filés de peito mais espessos e mais pesados estão correlacionados com a ocorrência e severidade de *White striping*, enquanto Baldi et al. (2018) correlacionaram peso médio de filés de peito não somente ao grau de acometimento da miopatia *White striping*, mas também com a presença simultânea com *Wooden breast*.

O teor de vermelho ( $a^*$ ) dos filés de peito normais, WS e WB diferiu estatisticamente do WS1WB2 ( $p = 0,0028$ ) que apresentou menor teor de vermelho. Esse menor teor de vermelho para o tratamento WS1WB2 (em comparação aos tratamentos WS e WB), pode estar relacionado a severidade da miopatia, pois a miopatia *Wooden breast* à medida que aumenta o grau de degeneração (severidade) há um aumento no teor de lipídio (Mazzoni et al., 2015), o mesmo pode ser visto na miopatia *White striping*, à medida que há o aumento dos graus de severidade, há um aumento no teor de lipídio (Kuttappan et al., 2013a). Ambas decorrentes de processos degenerativos das fibras musculares, o que causa a um menor número de feixes musculares, consequentemente uma menor concentração de mioglobinas, o que está relacionado a cor vermelha (Ramos & Gomide, 2007).

Em relação a perdas por cocção, os peitos classificados como WS1WB2, WS2WB2 e WS3WB2 diferiram estatisticamente dos peitos Normal, WS e WB ( $p < 0,0001$ ), os quais apresentaram menores valores. Utilizando o teste de Dunnett, tratamentos WS1WB2, WS2WB2 E WS3WB2 diferiram estatisticamente do tratamento controle (filés normais) ( $p < 0,0001$ ), demonstrando que independente do grau de *White striping*, peitos acometidos por lesões de grau 2 de *Wooden breast* possuem maiores perdas durante o processo de cocção quando comparados aos filés normais. Estes resultados foram semelhantes ao encontrado por Malila et al. (2018), onde peitos de frangos de corte apresentaram maiores perdas por cozimento

a medida que houve o aumento do grau de severidade das miopatias *White striping* e *Wooden breast*. Esta maior perda de água por cozimento, pode estar relacionada com a redução da proteína e da degeneração das fibras musculares acompanhadas de fibrose e lipidose (Soglia et al., 2016).

Essas diferenças não encontradas para o comprimento e largura de peito, pH da carne, luminosidade ( $L^*$ ), amarelo ( $b^*$ ), capacidade de retenção de água (CRA), *Drip loss* e força de cisalhamento (FC) foram inesperadas, visto que ambas miopatias *White striping* e *Wooden breast* alteram os mesmos. Ambas miopatias apresentam valores de pH superiores, quando comparado a peitos não acometidos pelas miopatias, por conta da degeneração das fibras musculares, que diminui a concentração de glicogênio muscular, assim influenciando no processo *post mortem* (Mudalal et al., 2015) de conversão do músculo em carne. Para mensuração de luminosidade ( $L^*$ ), de maneira oposta Mudalal et al. (2015) verificaram maiores valores de luminosidade ( $L^*$ ) em comparação aos filés de peito normais, o que poderia estar relacionado com valores mais altos de pH e das modificações do tecido muscular após degeneração dos músculos. Kuttappan et al. (2017) ao avaliarem o impacto das miopatias nos parâmetros de qualidade da carne em filés de peito de frangos de corte, não constatou nenhuma diferença para o parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ). Ao teor de amarelo ( $b^*$ ), era esperado maiores valores em peitos acometidos as miopatias *White striping* e *Wooden breast* por estarem relacionados com maior teor de lipídeos e de tecido conjuntivo, decorrente dos processos degenerativos (Kuttappan et al., 2017).

Para capacidade de retenção de água (CRA) e *Drip loss*, era esperado uma menor retenção de água (CRA) e maior *Drip loss*. Segundo Soglia et al. (2016), a deterioração da capacidade de ligação de água no musculo do peito é caracterizada pela degeneração das fibras musculares acompanhadas de fibrose e lipidose, que acaba afetando a capacidade da carne ligar a água. Com relação a força de cisalhamento (FC), era esperado que peitos acometidos com a miopatias *Wooden breast* apresentarem maiores valores de cisalhamento, por conta da dureza que essa miopatia causa. Enquanto, peitos acometidos a miopatias *White Striping* apresentarem menores valores de cisalhamento, por conta da deposição de gordura causada pela miopatia, assim ocupando o espaço das fibras musculares (Soglia et al., 2016).

## 5. Conclusão

A utilização da termografia infravermelha não foi capaz de detectar alterações na temperatura superficial nas diferentes regiões do peito de frangos nos diferentes graus das miopatias *White striping* e *Wooden breast*. Em relação a qualidade do peito, houve uma

diferença nos aspectos qualitativos (peso e espessura de filé, teor de vermelho (a\*) e perda por cocção) à medida que aumentou o grau de severidade das miopatias.

### **Implicações**

O presente estudo envolve a utilização da técnica de termografia infravermelha como auxiliar na identificação de miopatias musculares, que no caso são as miopatias *White striping* e *Wooden breast*. A utilização desta técnica neste estudo, foi por conta de ser uma técnica não invasiva, onde, através dela consegue avaliar o desenvolvimento destas anomalias com animal ainda vivo, claro que com o auxílio de alguma outra técnica para não ocorrer erros.

Estas miopatias com o aumento do grau de severidade há respostas térmicas locais, por conta do estado de hipóxia, inflamação e cicatrização que ocorrem decorrente da severidade que acomete o peito do frango. Devido a isso, a utilização da termografia infravermelha seria capaz de auxiliar na detecção destas miopatias. Mas como pode-se ver, não houve diferenças de temperaturas nos diferentes graus de severidade, assim podendo ser decorrente da idade em que foi realizado as análises, no caso 35 dias de idade. Pois sabemos que o maior grau de severidade está relacionado a aves mais velhas e mais pesadas, então, se houvesse mais análises após os 35 dias de idade poderia ter encontrado resultados diferentes.

A busca de técnicas para diagnóstico ou como auxiliar nos diagnósticos devem ser constantes, pois sabemos que estas anomalias são decorrentes de frangos de cortes modernos, então à necessidade de saber a sua etiologia, o seu desenvolvimento, e meios para evitá-los, em vista que ainda não se sabe ainda a etiologia e nem meios para contornar essas anomalias que acometem os peitos de frangos.

## 5. Referências bibliográfias

AMEZCUA, Rocio et al. Infrared thermography to evaluate lameness in pregnant sows. *The Canadian Veterinary Journal*, v. 55, n. 3, p. 268, 2014.

Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA. Relatório Anual 2019. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

BAILEY, Simon R.; MARR, Celia M.; ELLIOTT, Jonathan. Current research and theories on the pathogenesis of acute laminitis in the horse. *The Veterinary Journal*, v. 167, n. 2, p. 129-142, 2004.

BALDI, Giulia et al. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. *Food Research International*, v. 115, p. 369-376, 2019.

BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*. 2018; 12 (1): 164–73. PubMed Abstract| Publisher Full Text.

BARBUT, Shai. *The science of poultry and meat processing*. 2015.

BERRY, R.J.; KENNEDY, A.D.; SCOTT S.L.; KYLE, B.L.; SCHAEFER, A.L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*, v.83, n.4, p.687-693, 2003.

BOERBOOM, Gavin et al. Unraveling the cause of white striping in broilers using metabolomics. *Poultry science*, v. 97, n. 11, p. 3977-3986, 2018.

BOWKER, Brian; ZHUANG, Hong. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 95, n. 8, p. 1957-1965, 2016.

BRIOSCHI, Marcos Leal; ABRAMAVICUS, Samuel; CORRÊA, Cláudio Fernandes. Valor da imagem infravermelha na avaliação da dor. *Rev Dor*, v. 6, n. 1, p. 514-24, 2005.

CASTILHO, V.A.R. et al. Diagnóstico e avaliação *in vivo* de miopatias em peitos de frangos de corte. 2020. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

CHATTERJEE, D. et al. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry science*, v. 95, n. 10, p. 2449-2454, 2016.

CÔRTE, Ana Carolina Ramos; HERNANDEZ, Arnaldo José. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Revista brasileira de medicina do esporte*, v. 22, n. 4, p. 315-319, 2016.

DALLE ZOTTE, Antonella et al. Effect of “Wooden Breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, v. 62, n. 2, p. 51-57, 2017.

DALLE ZOTTE, A. et al. Impact of coccidiosis control program and feeding plan on white striping prevalence and severity degree on broiler breast fillets evaluated at three growing ages. *Poultry Science*, v. 94, n. 9, p. 2114-2123, 2015.

DIGIOVANI, D. B. Termografia infravermelha como ferramenta diagnóstica para detecção da mastite subclínica bovina. 2014. Dissertação (Mestrado em Saúde e Produção de Ruminantes) - Universidade do Norte do Paraná, Londrina.

DOUTHIT, Teresa L.; BORMANN, Jennifer M.; BELLO, Nora M. Assessing the association between hoof thermography and hoof Doppler ultrasonography for the diagnosis of lameness in horses. *Journal of Equine veterinary science*, v. 34, n. 2, p. 275-280, 2014.

DRANSFIELD, Eric; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry science*, v. 78, n. 5, p. 743-746, 1999.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. *The veterinary journal*, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

ESPINDOLA, Carlos José. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. *Geosul*, v. 27, n. 53, p. 89-114, 2012.

FERREIRA, T.Z. Características histopatológicas da miopatia white striping de frangos de corte. 2012. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FIGUEIREDO, Tatiana et al. A importância do exame termográfico na avaliação do aparato locomotor em equinos atletas. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v. 18, p. 50-65, 2012.

FRAGA, S.T. et al. Estudo anátomo-patológico do músculo pectoralis major de frangos de corte acometidos com wooden breast. Paraná, 2015.

GAVRILA, D. A análise visual do movimento humano: pesquisa, visão computacional e compreensão de imagem. *Artigos de Ciência Veterinária*. V.13, p. 82-98, 1999.

HAMN, R. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, v. 10, p. 335-443, 1960.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Springer, Dordrecht, 1987. p. 273-283.

ISMAIL, Ishamri; JOO, Seon-Tea. Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics. *Korean journal for food science of animal resources*, v. 37, n. 6, p. 873, 2017.

JACOB, Flavia G. et al. The use of infrared thermography in the identification of pododermatitis in broilers. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 2, p. 253-259, 2016.

JOINER, K. S. et al. Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. *Avian diseases*, v. 58, n. 3, p. 377-382, 2014.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Histopathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poult. Sci.*, v. 90, n. E-Suppl. 1, p. 49, 2011.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science*, v. 91, n. 5, p. 1240-1247, 2012a.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 91, n. 10, p. 2677-2685, 2012b.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, v. 92, n. 2, p. 331-338, 2013a.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry science*, v. 92, n. 3, p. 811-819, 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, n. 11, p. 2724-2733, 2016.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, v. 96, n. 8, p. 3005-3009, 2017.

LORENZI, M. et al. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 23, n. 4, p. 754-758, 2014.

NÄÄS, Irenilza de Alencar et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agricola*, v. 67, n. 5, p. 497-502, 2010.

MALDAGUE, X. P. V. et al. Fundamentals of infrared and thermal testing. *Nondestructive Handbook, Infrared and Thermal Testing*, v. 3, 2001.

MALILA, Yuwares et al. Monitoring of white striping and wooden breast cases and impacts on quality of breast meat collected from commercial broilers (*Gallus gallus*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 31, n. 11, p. 1807, 2018.

MAZZONI, M. et al. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poultry Science*, v. 94, n. 1, p. 123-130, 2015.

MOE, Randi Oppermann et al. Hot chicks, cold feet. *Physiology & behavior*, v. 179, p. 42-48, 2017.

MUDALAL, S. et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, v. 9, n. 4, p. 728-734, 2015.

MUDALAL, S. et al. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry science*, v. 93, n. 8, p. 2108-2116, 2014.

MUTRYN, Marie F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC genomics*, v. 16, n. 1, p. 399, 2015.

NÄÄS, Irenilza de Alencar et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agricola*, v. 67, n. 5, p. 497-502, 2010.

NOGUEIRA, Francisco Roserlândio Botão et al. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, v. 35, n. 3, p. 289-297, 2013.

ONU. World population 2019. United Nations, 2019. Disponível em: [https://population.un.org/wpp/Graphs/1\\_Demographic%20Profiles/World.pdf](https://population.un.org/wpp/Graphs/1_Demographic%20Profiles/World.pdf). Acesso em 28 de julho de 2020.

OIKONOMOU, G. et al. Association of digital cushion thickness with sole temperature measured with the use of infrared thermography. *Journal of dairy science*, v. 97, n. 7, p. 4208-4215, 2014.

OWENS, C.M.; VIEIRA, S.L. Riscas brancas na carne de peito de frango Qualidade da Carcaça de Frangos de Corte - Uma Abordagem dos Locais de Produção. *Zinpro Corp.* pp. 83 – 88, 2012.

Papah MB, Brannick EM, Schmidt CJ, Abasht B. Evidence and role of phlebitis and lipid infiltration in the onset and pathogenesis of Wooden breast disease in modern broiler chickens. *Avian Pathology*. v. 46, 623–643, 2017.

PAULRUD, Carl Oskar et al. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. *Acta Veterinaria Scandinavica*, v. 46, n. 3, p. 137, 2005.

PETRACCI, Massimiliano; BERRI, Cecile (Ed.). *Poultry quality evaluation: quality attributes and consumer values*. Woodhead Publishing, 2017.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; BONFIGLIO, A.; CAVANI, C. Occurrence of white striping  
PETRACCI, M. et al. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, 2013.

PETRACCI, Massimiliano et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, v. 71, n. 2, p. 363-374, 2015.

PETRACCI, M. et al. Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 18, n. 2, p. 565-583, 2019.

RAMOS, Eduardo Mendes; DE MIRANDA GOMIDE, Lúcio Alberto. *Avaliação da qualidade de carnes: fundamento e metodologias*. UFV, 2007.

DA ROSA, Carolina Obregão; CIVARDI, Jacira Fabiana Dias; MARIA, Madalena. Bem-estar animal na produção de aves e suínos: uma análise teórica. 2013.

ROSTAGNO, H.S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, 2017.

RUSSO, Elisa et al. Evaluation of white striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry science*, v. 94, n. 8, p. 1843-1848, 2015.

SEINO, C.H. Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico da mastite em cabras. 2019. 82f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SHIMOKOMAKI, Massami et al. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. São Paulo: Varela, p. 18-21, 2006.

SIHVO, H.-K. et al. Pectoral vessel density and early ultrastructural changes in broiler chicken wooden breast myopathy. *Journal of comparative pathology*, v. 161, p. 1-10, 2018.

SIHVO, H.-K. et al. Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. *Veterinary Pathology*, v. 54, n. 1, p. 119-128, 2017.

SIHVO, H.-K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary pathology*, v. 51, n. 3, p. 619-623, 2014.

SIHVO, Hanna-Kaisa et al. Pathology of wooden breast myopathy in broiler chickens. 2019.

SILLER, Walter G. Deep pectoral myopathy: a penalty of successful selection for muscle growth. *Poultry science*, v. 64, n. 8, p. 1591-1595, 1985.

SIMON, Erika L. et al. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.

SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, v. 95, n. 3, p. 651-659, 2016.

SOSNICKI, Andrzej A.; WILSON, Barry W. Pathology of turkey skeletal muscle: implications for the poultry industry. *Food structure*, v. 10, n. 4, p. 5, 1991.

STRINGHINI, José Henrique et al. 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.

TEDESCO, D.C.; SCHNEIDER, T. Atributos de qualidade de carne em peitos de frango com alterações White Striping ou Wooden Breast. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

TESSIER, M. et al. Abdominal skin temperature variation in healthy broiler chickens as determined by thermography. *Poultry science*, v. 82, n. 5, p. 846-849, 2003.

TIJARE, Vishwesh Vijay et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, v. 95, n. 9, p. 2167-2173, 2016.

TROCINO, A. et al. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry science*, v. 94, n. 12, p. 2996-3004, 2015.

VAN LAACK, R. L. J. M. et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.

VELLEMAN, Sandra G.; CLARK, Daniel L. Histopathologic and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. *Avian Diseases*, v. 59, n. 3, p. 410-418, 2015.

VERCELLINO, R. A. et al. Uso da termografia infravermelha para análise de trocas de calor de equínos em condições de treinamento. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Salvador, 2010.

VIANNA, Daniel ML; CARRIVE, Pascal. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*, v. 21, n. 9, p. 2505-2512, 2005.

VIEIRA, B.S.; et al. Desenvolvimento do Tecido Muscular. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. (Eds.). *Fisiologia das aves comerciais*. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2017. p. 532–553.

VIEIRA, C. S. C. A.; MAGALHÃES, E.S.B.; BAJAI, H. M. Manual de condutas para úlceras neutróficas e traumáticas. *Caderno de reabilitação em Hanseníase*. v. 2, p. 52, 2002.

ZHUANG, Hong; BOWKER, Brian. The wooden breast condition results in surface discoloration of cooked broiler pectoralis major. *Poultry science*, v. 97, n. 12, p. 4458-4461, 2018.

ZAMBONELLI, Paolo et al. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping–Wooden Breast myopathies. *Poultry Science*, v. 95, n. 12, p. 2771-2785, 2016.

WEIMER, Shawna L. et al. The utility of infrared thermography for evaluating lameness attributable to bacterial chondronecrosis with osteomyelitis. *Poultry science*, v. 98, n. 4, p. 1575-1588, 2019.

WILCOX, C. S.; PATTERSON, J.; CHENG, Heng Wei. Use of thermography to screen for subclinical bumblefoot in poultry. *Poultry science*, v. 88, n. 6, p. 1176-1180, 2009.