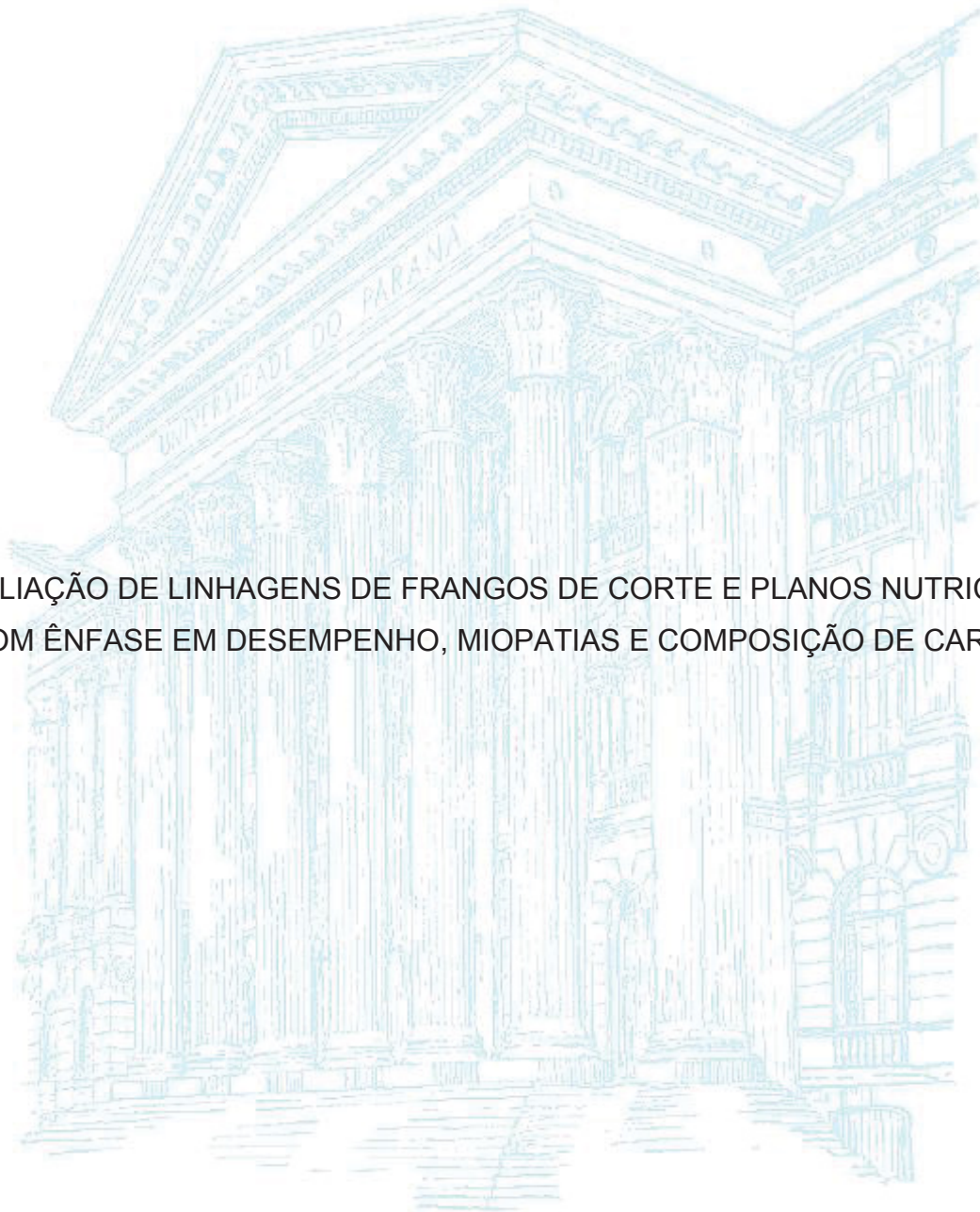


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOSIANE CARLA PANISSON

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE E PLANOS NUTRICIONAIS
COM ÊNFASE EM DESEMPENHO, MIOPATIAS E COMPOSIÇÃO DE CARÇAÇA



CURITIBA

2020

JOSIANE CARLA PANISSON

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE E PLANOS NUTRICIONAIS
COM ÊNFASE EM DESEMPENHO, MIOPATIAS E COMPOSIÇÃO DE CARÇAÇA

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de concentração de Nutrição animal de não ruminantes, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial das exigências à obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientadora: Prof(a). Dra. Simone Gisele de Oliveira
Co-orientador: Dr. Everton Luis Krabbe

CURITIBA

2020

Panisson, Josiane Carla

Avaliação de linhagens de frangos de corte e planos nutricionais com ênfase em desempenho, miopatias e composição de carcaça / Josiane Carla Panisson. - Curitiba, 2020.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
Orientadora: Simone Gisele de Oliveira.

Coorientador: Everton Luis Krabbe.

1. Frango de corte - Carcaça - Composição. 2. Frango de corte - Alimentação e rações. 3. Frango de corte - Crescimento. 4. Doenças musculares . 5. Frango de corte - Melhoramento genético . I. Oliveira, Simone Gisele. II. Krabbe, Everton Luis. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **JOSIANE CARLA PANISSON** intitulada: **Avaliação de linhagens de frangos de corte e planos nutricionais com ênfase em desempenho, miopatias e composição de carcaça**, sob orientação da Profa. Dra. SIMONE GISELE DE OLIVEIRA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 20 de Fevereiro de 2020.

SIMONE GISELE DE OLIVEIRA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

LEVY DO VALE TEIXEIRA

Avaliador Externo (DSM PRODUTOS NUTRICIONAIS)

RODRIGO DE ALMEIDA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

CHAYANE DA ROCHA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

CERTIFICADO COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo número 116/2016, referente ao projeto “Avaliação de genéticas de frangos de corte e programas de alimentação com ênfase em desempenho e conformação de tecidos”, sob a responsabilidade de Alex Maiorka – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de Outubro, de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - BRASIL, com grau 2 de invasividade, em reunião de 03/11/2016.

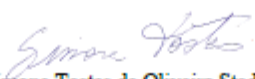
Vigência do projeto	Dezembro/2016 até Fevereiro/2017
Espécie/Linhagem	<i>Gallus gallus domesticus</i> (frango de corte) / Cobb, Ross e Embrapa
Número de animais	3240
Peso/Idade	45 g / 1 dia
Sexo	Macho
Origem	Embrapa Aves e Suínos em Concórdia – SC

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 116/2016, regarding the project “Genetic evaluation of broiler chickens and feeding programs with an emphasis on performance and forming tissues”, under Alex Maiorka supervision – which includes the production, maintenance and/or utilization of animals from Chordata phylum, Vertebrata subphylum (except Humans), for scientific or teaching purposes – is in accordance with the precepts of Law nº 11.794, of 8 October, 2008, of Decree nº 6.899, of 15 July, 2009, and with the edited rules from Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), and it was approved by the ANIMAL USE ETHICS COMMITTEE OF THE AGRICULTURAL SCIENCES CAMPUS OF THE UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (Federal University of the State of Paraná, Brazil), with degree 2 of invasiveness, in session of 03/11/2016.

Duration of the project	December/2016 until February/2017
Specie/Line	<i>Gallus gallus domesticus</i> (broiler) / Cobb, Ross and Embrapa
Number of animals	3240
Wheight/Age	45 g / 1 day
Sex	Male
Origin	Embrapa Aves e Suínos in Concórdia – SC

Curitiba, 3 de novembro de 2016.


Simone Tostes de Oliveira Stedile
Coordenadora CEUA-SCA

AGRADECIMENTOS

A Ele, a Quem me fortalece.

Aos meus pais, Zanice e Ivanor, por me ensinarem a valorizar as pequenas coisas e me darem força pra continuar, independente das dificuldades encontradas. As minhas irmãs (Ana e Vera), sobrinhos (Gabriel, Joana e Luiz) e agregados (Evandro I e II), que apesar da distância sempre encontramos uma maneira de estar perto.

A todos os meus familiares por sempre me apoiarem e me darem força.

A minha família Curitibana (Angelita, Aroldo, Beatriz, Isabela, Onésimo, Sandra, Camilla, Rodrigo, Rafael, Gema, Goiaba e Problema) pela companhia diária, risadas, chororo e comilanças e minha família Canadense por todo o auxílio e apoio neste período, em especial ao Antoniel, Bruna e Lorena Franco.

Aos meus amigos que me acompanham e me dão força pra seguir em frente, sempre prontos pra ouvir e aconselhar. A minha amiga Yohanne que me segue aonde quer que eu for.

Aos pós-graduandos e graduandos do LEPNAN por todos esses anos de aprendizado e churrascos bem sucedidos. Aos meus queridos “veteranos” (Andréia, Dani, Jean, Lucas, Tabyta e Vini) por todo conhecimento compartilhado. Aos “novinhos” (Camilla, Fran, Kariny, Leopoldo, Lucas, Marley, Rodrigo, Vítor e companhia Ltda) por estarem sempre prontos pra ajudar, aprender e ensinar.

A minha orientadora e meus co-orientadores de doutorado, em especial a professora Simone de Oliveira, Alex Maiorka, Everton Krabbe e Bruno Silva, pelos conselhos, discussões e ensinamento do dia a dia. Aos demais professores pelas valiosas conversas, conselhos e ensinamentos do dia a dia Ananda Félix, Antônio Scandolera, Chayane Rocha e Edson de Oliveira.

Aos funcionários do LNA pelas conversas, risadas e ensinamentos Aldo, Cleusa, Hair, Marcelo e Rui.

A Capes pela bolsa de doutorado concedida.

Ao ELAP pela bolsa de doutorado sanduíche concedida e oportunidade de trabalhar na University of Saskatchewan.

A professora Denise Beaulieu e sua equipe (Agbee, Atta, Jismol, Micheal) por todo o aprendizado e paciência neste último ano.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

“Somos o que fazemos, mas somos, principalmente o que fazemos para mudar o que somos.”

Eduardo Galeano

“Isto é uma ordem: sê firme e corajoso. Não te atemorizes, não tenhas medo, porque o Senhor está contigo em qualquer parte para onde fores”

Josué 1: 9

RESUMO

Nas últimas décadas tem sido acentuada a evolução do desempenho de frangos de corte pelos programas de melhoramento genético, com isso, as exigências nutricionais foram elevadas expressivamente. Além disso, o aumento na incidência de miopatias e/ou variações na composição de carcaça, provocaram alterações visuais na carcaça do frango, levando a sua condenação na linha de abate, ou posteriormente a rejeição do produto pelo consumidor, e, conseqüentemente, a perdas econômicas. Dessa forma, o objetivo geral desta tese foi determinar o impacto nutricional na expressão de potencial máximo de cada linhagem. Foram utilizados 3240 frangos de corte, alojados de um a 49 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três linhagens (A, B e C) e três densidades nutricionais (regular, média e alta), com 12 repetições de 30 animais em cada unidade experimental. Foram determinadas as curvas de crescimento corporal e consumo de ração dos frangos de corte utilizando o modelo matemático de Gompertz ($Y = a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-k t))$) e para os dados de peso de carcaça e cortes, foi utilizado a equação de Huntex " $Y = \alpha X^\beta$ ". Foi possível observar que ao fornecermos dieta de densidade nutricional regular, os frangos de corte não expressaram seu máximo potencial genético, apresentando velocidade de crescimento inferior, além do ponto de inflexão da curva ser tardio. O conhecimento das curvas de crescimento possibilita calcular e prever qual a melhor idade de abate desses animais, quanto mais tardio o ponto de inflexão do animal, mais tarde este será encaminhado ao abate. Além disso, foi observado que linhagens de desempenho moderado (A) apresentaram na maturidade peso corporal e consumo de ração menor que as linhagens de rápido desempenho (B e C). Outros aspectos avaliados foram a incidência de *white striping* (WS) e *wooden breast* (WB) e a composição de carcaça. Para avaliação dos dados de WS e WB foi utilizado à análise de regressão logística ordinal. Os dados de composição de carcaça foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Neste estudo foi observado que as genéticas de frango de corte com crescimento rápido (B e C) são mais suscetíveis a desenvolver miopatias do peito e possuem em sua composição maior teor de umidade e proteína, e menor teor de gordura na carcaça. Dietas com alta densidade nutricional resultaram em carcaça com maior teor de proteína.

Paravras chaves: Aves. Composição de carcaça. Estrias brancas. Peito amadeirado. Velocidade de crescimento.

ABSTRACT

In the last decade, the evolution of broiler performance by breeding programs has been accentuated, with this, the nutritional requirements have been significantly increased. In addition, the increase in the incidence of myopathies and/or variations in the carcass composition has caused visual changes in the chicken carcass, leading to its condemnation in the slaughter line, or the rejection of the product by the consumer, and consequently, leading to economic losses. Thus, the general objective of this thesis was to determine the nutritional impact on the expression of maximum potential of each strain. In total 3240 broilers were used, housed from one to 49 days of age, distributed in a completely randomized design, in a 3 x 3 factorial design with three strains (A, B and C) and three nutritional densities (low, medium and high), with 12 replicates of 30 animals in each experimental unit. The growth curves of broilers (body weight and feed intake) were determined using the Gompertz mathematical model ($Y = a * \exp(-b * \exp(-kt))$) and for carcass weight and cuts data, the Huntex equation " $Y = \alpha X^\beta$ " was used. It was observed that when supplying a diet of lower nutritional density, broilers did not express their maximum genetic potential, presenting a lower growth rate, in addition to the inflection point of the curve being late. The knowledge of the growth curves makes it possible to calculate and predict the best age of slaughter of these animals, the later the inflection point of the animal, the later it will be sent to slaughter. In addition, it was observed that strains of moderate performance (A) showed reduced body weight and feed intake at maturity than the fast-performing strains (B and C). Another aspect evaluated were the incidence of white striping (WS) and wooden breast (WB) and carcass composition. To evaluate the WS and WB data, ordinal logistic regression analysis was used. The carcass composition data were submitted to ANOVA and the averages compared by Tukey test at 5%. In this study, it was observed that the fast-growing broiler chicken genetics (B and C) are more susceptible to developing breast myopathies and have in their composition a higher moisture and protein content, and a lower fat content in the carcass. Diets with high nutritional density resulted in carcasses with higher protein content.

Keywords: Broiler. Carcass composition. White striping. Wooden breast. Growth rate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
FIGURA 1. FOTOGRAFIA MOSTRANDO UM FRANGO DE CORTE DE LINHAGEM COMERCIAL PRODUZIDO EM 1950 (ESQUERDA) E UM FRANGO DE CORTE PRODUZIDO EM 2005 (DIREITA). AMBAS AS AVES COM 56 DIAS DE IDADE E SENDO ALIMENTADOS COM A MESMA DENSIDADE NUTRICIONAL.....	18
FIGURA 2. PIRÂMIDE DE REPRODUÇÃO DE FRANGOS DAS COMPANHIAS DE MELHORAMENTO DE FRANGOS DE CORTE.	19
FIGURA 3. ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS MEDIDAS MORFOMÉTRICAS E ANÁLISES QUALITATIVAS DOS FILÉS DE FRANGOS DE CORTE NAS PORÇÕES VENTRAL E DORSAL.....	22
FIGURA 4. FILÉ DE PEITO COM NÍVEL NORMAL (1) E MODERADO (2) DE <i>WHITE STRIPING</i>	27
FIGURA 5. FILÉ DE PEITO DE FRANGO DE CORTE COM NÍVEL SEVERO DE WOODEN BREAST (WB).	27
CAPÍTULO II - CURVAS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS DE UM A 49 DIAS DE IDADE COM DIETAS DE DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS	377
FIGURA 1. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W * \exp(-N * \exp(-K * T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM A RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).....	47
FIGURA 2. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W * \exp(-N * \exp(-K * T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM B RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).....	48
FIGURA 3. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W * \exp(-N * \exp(-K * T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM C RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).....	48

FIGURA 4. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \exp(-N \cdot \exp(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE DENSIDADE NUTRICIONAL REGULAR.....	49
FIGURA 5. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \exp(-N \cdot \exp(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE MÉDIA DENSIDADE NUTRICIONAL.....	49
FIGURA 6. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \exp(-N \cdot \exp(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE ALTA DENSIDADE NUTRICIONAL.....	50
FIGURA 7. DESENVOLVIMENTO ALOMÉTRICO DO PEITO EM RELAÇÃO AO PESO DA CARÇAÇA NAS DIFERENTES LINHAGENS DE FRANGO DE CORTE	51
FIGURA 8. DESENVOLVIMENTO ALOMÉTRICO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE EM RELAÇÃO AO PESO DA CARÇAÇA NAS DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS.....	51

CAPÍTULO III - *WHITE STRIPING*, *WOODEN BREAST* E COMPOSIÇÃO DE CARÇAÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS GENÉTICAS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS.....

FIGURA 1. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE <i>WHITE STRIPING</i> (WS) E <i>ODDS RATIO</i> EM TRÊS DIFERENTES LINHAGENS AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE.....	71
FIGURA 2. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE <i>WOODEN BREAST</i> (WB) E <i>ODDS RATIO</i> NAS TRÊS LINHAGENS AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE ¹	72

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - CURVAS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS DE UM A 49 DIAS DE IDADE COM DIETAS DE DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS.....377

TABELA 1. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS ¹	411
TABELA 2. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS ¹	42
TABELA 3. CONSUMO DE RAÇÃO E GANHO DE PESO DE TRÊS LINHAGENS (LIN) DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) NAS DIFERENTES IDADES.....	522
TABELA 4. EFEITOS PRINCIPAIS DAS ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS PELA CURVA DE GOMPERTZ ($Y=W*EXP(-N*EXP(-K*T))$), PONTO DE INFLEXÃO (PI) E A TAXA MÁXIMA DE CRESCIMENTO (TMC) E CONSUMO DE RAÇÃO (TMCR) RELACIONADO AO PESO VIVO E CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS (LIN)* DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND)**....	533
TABELA 5. EFEITOS PRINCIPAIS DOS COEFICIENTES ALOMÉTICOS ($\alpha;\beta$) DO PEITO DE FRAGOS DE CORTE EM RELAÇÃO AO PESO VIVO ($Y=\alpha X^\beta$), EM TRÊS DIFERENTES LINHAGENS RECEBENDO DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND).....	544

CAPÍTULO III - *WHITE STRIPING*, *WOODEN BREAST* E COMPOSIÇÃO DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS GENÉTICAS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS 61

TABELA 1. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS ¹	65
TABELA 2. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS ¹	66

TABELA 3. PRESENÇA DE <i>WHITE STRIPING</i> E <i>WOODEN BREAST</i> EM TRÊS DIFERENTES LINHAGENS (L) RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE ¹	69
TABELA 4. TEOR DE UMIDADE, PROTEÍNA, GORDURA E COLÁGENO (%) NA CARÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS DIFERENTES LINHAGENS SOB DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE ¹	75

SUMÁRIO

	CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	MELHORAMENTO GENÉTICO NA INDÚSTRIA AVÍCOLA.....	17
2.1.1	Melhoramento genético e seu efeito no desempenho e características de carcaça de frangos de corte.....	20
2.2	DENSIDADE NUTRICIONAL NA INDÚSTRIA AVÍCOLA.....	23
2.2.1	Densidade nutricional como efeito em desempenho e características de carcaça de frangos de corte.....	24
2.3	MIOPATIAS E SUA LIGAÇÃO COM O MELHORAMENTO GENÉTICO E DENSIDADE NUTRICIONAL	26
2.3.1	<i>White striping</i>	28
2.3.2	<i>Wooden breast</i>	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	CAPÍTULO II - CURVAS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS DE UM A 49 DIAS DE IDADE COM DIETAS DE DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS	37
	RESUMO	37
	ABSTRACT	38
1	INTRODUÇÃO	39
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1	ANIMAIS E INSTALAÇÕES	40
2.2	DIETAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	40
2.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	42
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	43
2.4.1	Peso corporal e consumo de ração (modelo de Gompertz)	43
2.4.2	Alometria	44
3	RESULTADOS	46
3.1	CURVAS DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ	46
3.2	AValiação Alométrica dos Parâmetros de Tamanho de Cortes de Frangos de Corte	50

4	DISCUSSÃO	55
4.1	CURVAS DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ	55
4.2	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE RENDIMENTO DE CORTES E ÓRGÃOS	56
5	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	CAPÍTULO III - <i>WHITE STRIPING</i>, <i>WOODEN BREAST</i> E COMPOSIÇÃO DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS GENÉTICAS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS	61
	RESUMO.....	61
	ABSTRACT	62
1	INTRODUÇÃO	63
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	64
2.1	ANIMAIS E INSTALAÇÕES	64
2.2	DIETAS EXPERIMENTAIS E DELINEAMENTO	64
2.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	64
2.3.1	Miopatias	67
2.3.2	Composição de carcaça	67
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	68
3	RESULTADOS	69
3.1	INCIDÊNCIA DE <i>WHITE STRIPING</i> E <i>WOODEN BREAST</i> EM FRANGOS DE CORTE	69
3.2	COMPOSIÇÃO DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE	73
4	DISCUSSÃO	76
4.1	PREVALÊNCIA DE <i>WHITE STRIPING</i> E <i>WOODEN BREAST</i>	76
4.2	COMPOSIÇÃO DE CARÇA.....	78
5	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A evolução do desempenho de frangos de corte tem sido acentuada nas últimas décadas pelos programas de melhoramento genético. A utilização de linhagens cada vez mais exigentes nutricionalmente, geram desafios para atender as necessidades dos animais, sendo a nutrição de frangos de corte diretamente relacionada à produção.

Conhecer a variabilidade de produção entre as genéticas quanto ao rendimento de carcaça, produção de peito e qualidade de carne é de extrema necessidade para a indústria. O grau de importância dessas características varia de acordo com o consumidor final e o que a empresa precisa como produto a ser comercializado. Junto com a evolução genética, ocorrem os avanços nutricionais, tendo as exigências variado de acordo com a linhagem.

Considerando a importância da avicultura brasileira e sua total dependência do material genético, tornou-se indispensável a implantação de pesquisas visando o desenvolvimento de tecnologias de produção para linhagens nacionais geneticamente melhoradas e comercialmente competitivas (LEDUR et al., 2011). Com esse contexto de dependência do material genético, a avicultura nacional é vulnerável e dependente das poucas empresas internacionais que detêm a genética avícola comercial. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Suínos e Aves (EMBRAPA), desenvolveu cinco programas de melhoramento completo de linhagens comerciais de aves para corte e postura, com intenção de reduzir essa dependência.

O estudo das diversas linhagens genéticas recebendo diferentes densidades nutricionais é importante para estabelecer o atendimento às exigências nutricionais mais próximas possíveis para cada linhagem. Neste contexto, este estudo buscou demonstrar as respostas zootécnicas e morfológicas em diferentes linhagens de frangos de corte, em idades distintas e alimentados com dietas de densidades nutricionais variadas (regular, média e alta).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MELHORAMENTO GENÉTICO NA INDÚSTRIA AVÍCOLA

A avicultura tem apresentado avanços nos índices de produção nas últimas décadas, principalmente relacionados ao aumento do ganho de peso diário, melhor taxa de conversão alimentar e rendimento de carcaça. A evolução em termos de genética, sanidade, manejo e nutrição, proporcionaram ganhos que tornaram a atividade avícola altamente competitiva no mercado de proteína de origem animal. Os resultados obtidos ao longo dos anos mostram um mercado consolidado, que teve uma intensa mudança de hábito no consumo de carne de frangos, atualmente voltado a preferência por cortes.

O melhoramento genético na avicultura tem proporcionado grandes avanços no crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte. A seleção genética é responsável pelo aumento na produção e a introdução de características desejáveis (FIGURA 1). Um frango de corte com genótipo de 2005 requer menos ração com os mesmos níveis nutricionais para atingir o mesmo peso de abate que um frango de 1978 (HAVENSTEIN et al. 2003; ZUIDHOF et al. 2014), permitindo a criação de animais com maior eficiência em relação ao crescimento e produção de carne, com redução no impacto ambiental.

O material genético das linhagens puras, as quais são progenitoras dos frangos, que estão disponíveis para atender diversas finalidades de produção no Brasil (corte, postura) ainda é dependente de empresas estrangeiras (MARTINS et al., 2012). Uma das instituições nacionais que vem trabalhando com melhoramento genético de aves de corte (industrial e colonial) e poedeiras (ovos brancos e vermelhos) é o Centro Nacional de Pesquisas de Suínos e Aves da Embrapa (CNPSA), sendo uma das referências nesse segmento no Brasil (SILVA, 2009). Entretanto, as linhas puras estão presentes em tamanho de plantel reduzido, o que prejudica o ganho genético anual das linhagens produzidas pela Embrapa.

As companhias que detém o material genético, possuem interesses diversificados para poder adequar as linhagens de frangos de corte nos diferentes segmentos de mercado e/ou regiões (ARAÚJO et al., 2002; SOUZA; MICHELAN FILHO, 2004; TAVÁREZ; SOLIS DE LOS SANTOS, 2016). Essas práticas de seleção, vem sendo aplicadas desde a década de 1940, para melhorar a produtividade e a eficiência do setor avícola (HUNTON, 2006).

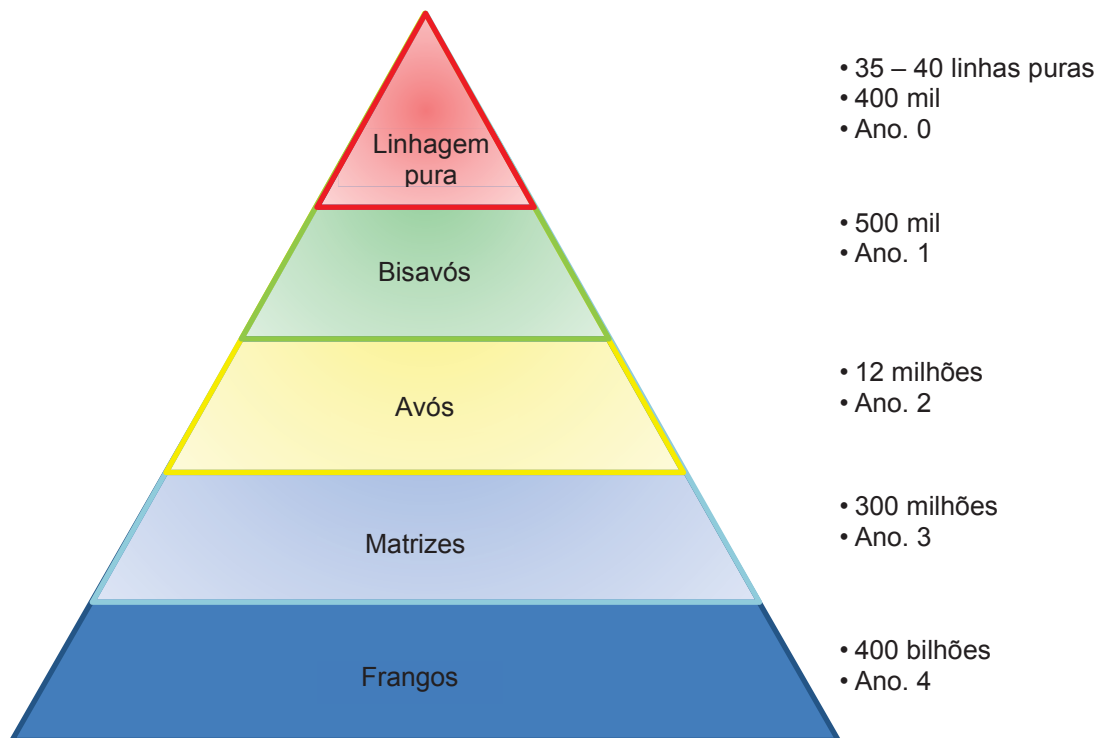
FIGURA 1. FOTOGRAFIA MOSTRANDO UM FRANGO DE CORTE DE LINHAGEM COMERCIAL PRODUZIDO EM 1950 (ESQUERDA) E UM FRANGO DE CORTE PRODUZIDO EM 2005 (DIREITA). AMBAS AS AVES COM 56 DIAS DE IDADE E SENDO ALIMENTADOS COM A MESMA DENSIDADE NUTRICIONAL.



FONTE: Adaptado de ZUIDHOF et al. (2014).

A organização das empresas, em termo de melhoramento, é muito semelhante em todo o mundo, como pode ser observado na FIGURA 2. Geralmente, no topo da pirâmide é mantida uma população relativamente pequena, sendo a elite de linha de produção e uma população maior de aves na base. O tempo gasto entre a reprodução da linhagem pura e seus descendentes até chegar ao nascimento e criação das aves do tipo corte é em torno de quatro anos. Ao se iniciar o melhoramento genético, primeiro as linhagens são categorizadas em linhas masculinas e femininas e depois submetidos a seleção genética para obter melhorias incrementais nas principais características. Nas linhas masculinas, a seleção genética é enfatizada nas características como taxa de crescimento, eficiência alimentar, rendimento de carcaça e cortes. Enquanto que nas linhagens femininas, são enfatizadas características como taxa de crescimento, produção de carne, produção de ovos e eficiência alimentar (em menor grau) (TAVÁREZ; SOLIS DE LOS SANTOS, 2016).

FIGURA 2. PIRÂMIDE DE REPRODUÇÃO DAS COMPANHIAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE FRANGOS DE CORTE.



FONTE: Adaptado de TAVÁREZ; SOLIS DE LOS SANTOS (2016).

Um dos fatores que levam a indústria a utilizar uma linhagem genética são as características de carcaça, como por exemplo rendimento de peito. O mercado consumidor exige qualidade nos produtos adquiridos, por este motivo é necessário maior cuidado em relação aos cortes desejados pelo consumidor. É importante considerar características como comprimento e espessura do peito que podem apresentar diferenças entre linhagem, sexo e idade das aves (REGINATTO et al., 2000).

Devido a demanda do consumidor, a indústria tem um desafio maior ao desenvolver linhagens que produzam frangos pesados, com boa conformação de carcaça e baixa gordura, com diminuição no período para o peso de abate e com baixo custo (VIANA et al., 2000). Assim, os resultados da produção avícola estão relacionados às melhorias genéticas alcançadas para crescimento e rendimento de carcaça dos frangos de corte, voltadas para redução da gordura abdominal e maior rendimento de carne no peito, a qual é considerada uma parte nobre do animal (ZEREHDARAN et al., 2004). A preocupação com a qualidade da carne também foi consequência do aumento no consumo de cortes e carne processada em detrimento do frango inteiro (ABDULLAH et al., 2010; LÓPEZ; SCHILLING; CORZO, 2011).

2.1.1 Melhoramento genético e seu efeito no desempenho e características de carcaça de frangos de corte

A competitividade e a evolução da avicultura industrial estimulam a constante busca da melhoria do material genético dos frangos de corte. Pesquisas para avaliar esses produtos são realizadas com o intuito de identificar linhagens com características superiores, selecionando dessa forma, aves que apresentem melhor desempenho e rendimento de carcaça e cortes (MARTINS et al., 2012; STRINGHINI et al., 2003). A taxa de conversão alimentar é um indicador indireto da eficiência de desempenho, sendo esse expresso como razão do consumo de ração sobre ganho de peso (TAVÁREZ; SOLIS DE LOS SANTOS, 2016).

A avaliação dos parâmetros de desempenho zootécnico das aves é realizada por meio de análise de consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso vivo médio e taxa de mortalidade. O desempenho dos frangos tende a variar principalmente de acordo com a linhagem, nutrição e ambiência. O conhecimento das linhagens identificando suas exigências, garante a maior expressão do seu potencial genético.

Em estudo de Moreira et al. (2003) avaliando três linhagens genéticas com o mesmo programa nutricional, obtiveram diferenças significativas de 161 g no peso final e 168 g no consumo de ração entre as linhagens de um aos 49 dias de idade. Ao avaliar três linhagens de frangos de corte, Zuidhof et al. (2014) observaram aumento de 400% no crescimento das aves, comparando genéticas com diferença de 48 anos de melhoramento genético, recebendo as mesmas densidades nutricionais.

A definição para a qualidade da carne de frangos de corte é difícil por tratar-se de um conceito complexo, uma vez que é determinado pelas preferências dos consumidores (ISMAIL; JOO, 2017). Os parâmetros mais importantes para caracterizar a qualidade da carcaça são: rendimento, conformação do peito e a quantidade de gordura. Considerando a ave como um todo, a carne do peito é a parte da carcaça mais nobre, e, ao mesmo tempo, é considerado o corte mais sensível para medir a adequação nutricional de uma dieta. Assim, qualquer alteração no fornecimento e ingestão de algum aminoácido essencial, levará a uma menor deposição de músculo de peito, o primeiro local de deposição de proteína a ser afetado.

Para o bom rendimento das partes da carcaça, alguns cuidados no desenvolvimento do lote podem causar implicações econômicas na rentabilidade das

empresas avícolas. O rendimento de filés de peito, comprimento e espessura para a confecção de produtos pós-processados, estão nas exigências das empresas consumidoras e nas redes de consumo rápido, como os restaurantes (ASSUNÇÃO; GARCIA, 2019; GARCIA; CORREIA; ALMEIDA, 2003).

Entretanto ao selecionar linhagens com maior rendimento das partes nobres, especialmente a de peito, surgem alguns problemas relacionados com a maciez do produto. Com isso, são utilizados métodos para determinar a maciez da carne de peito (FIGURA 3) por meio de equipamentos específicos que medem a força necessária para cisalhar a carne e com isso identificar possíveis diferenças na maciez de acordo com a linhagem (GARCIA; CORREIA; ALMEIDA, 2003).

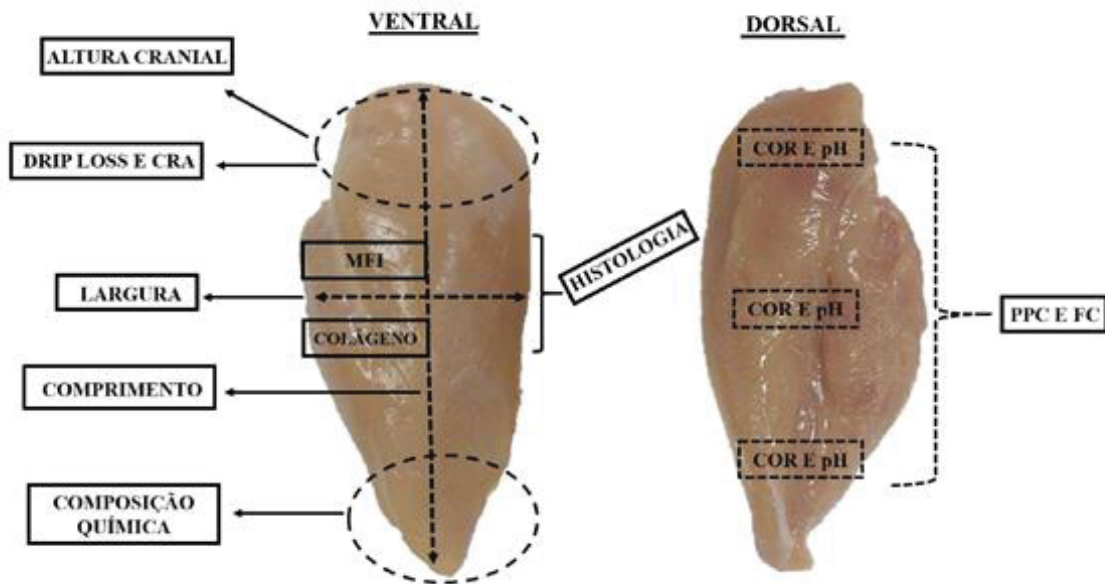
A seleção intensa para características de desempenho e rápido crescimento ocasionou o aumento na proporção e na quantidade de gordura depositada na carcaça dos frangos, além de ter provocado alterações no tamanho dos órgãos (GAYA, 2003; ZEREHDARAN et al., 2004). A gordura excessiva na carcaça do frango, encontrada principalmente como gordura abdominal, além de reduzir o rendimento de carcaça e a eficiência alimentar, também pode levar à rejeição da carne pelo consumidor (GAYA, 2003).

Zerehdaran et al. (2004), ao estimarem parâmetros genéticos de deposição de gordura em três diferentes partes do corpo de frangos de corte observaram uma correlação positiva entre peso corporal e produção de gordura. A correlação foi alta para gordura intramuscular e moderada para percentual de pele e gordura abdominal. O trabalho ainda estimou os valores de herdabilidade para percentual de gordura abdominal e percentual de pele como medida de gordura subcutânea, sendo respectivamente 0,71 e 0,24. Os autores concluíram que características da carcaça podem ser melhoradas pela seleção para deposição de músculo peitoral e menor teor de gordura abdominal.

Gaya et al. (2006) observaram correlações genéticas de moderada à alta entre características de desempenho (peso corporal, taxa de conversão alimentar e consumo de ração) e o conteúdo de gordura abdominal. O trabalho mostra que frangos com maior peso total tendem a ter maior teor de gordura na carcaça, portanto, a seleção para peso corporal pode causar maior percentual de gordura abdominal. Os autores ainda sugerem que a seleção para melhor conversão alimentar pode reduzir percentualmente a gordura abdominal, embora quando é realizada a seleção direta para redução de gordura, o

resultado é mais eficiente pela herdabilidade estimada ser de 0,53, evidenciando uma característica responsiva à seleção genética.

FIGURA 3. ESQUEMA REPRESENTATIVO DE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS E ANÁLISES QUALITATIVAS DE FILÉS DE FRANGOS DE CORTE NAS PORÇÕES VENTRAL E DORSAL.



FONTE: ASSUNÇÃO; GARCIA (2019).

PPC – Perda de peso por cozimento; MFI – índice de fragmentação miofibrilar.

Abdullah et al. (2010), ao comparar características de carcaça entre quatro linhagens comerciais, observaram influência significativa da genética sobre o percentual de gordura abdominal aos 22 e 36 dias de idade. Moreira et al. (2003), também observaram diferença entre cinco linhagens comerciais de frango de corte para gordura abdominal, porém, apenas aos 42 dias de idade e somente entre linhagens de conformação Cobb, Ross e Hubbard. Vieira e Moran (1998) relataram diferença de até 20% de gordura abdominal entre linhagens comerciais.

Além da genética, outros fatores, como por exemplo a nutrição podem interferir no desempenho e composição da carcaça dos frangos de corte.

2.2 DENSIDADE NUTRICIONAL NA INDÚSTRIA AVÍCOLA

A densidade nutricional é definida pela quantidade de nutrientes que um alimento e/ou dieta contém por peso. Sendo os nutrientes definidos Os nutrientes são definidos como qualquer elemento ou composto químico que compõem o alimento. Sendo a dieta responsável pelo fornecimento destes nutrientes para os animais.

A otimização no desempenho de frangos de corte está diretamente relacionada à eficiência da transformação da dieta em carne, que, por sua vez, depende do adequado balanceamento e da disponibilidade dos nutrientes (ZANOTTO; ALBINO; BRUM; 1994).

O progresso na nutrição de aves nos últimos 50 anos é atribuído a diversos fatores, como a utilização de aminoácidos industriais e o conceito de proteína ideal, uso de vitaminas sintéticas, processamentos térmicos e enzimas exógenas. O desenvolvimento de programas alimentares é essencial para satisfazer às necessidades específicas das aves durante o ciclo de produção e de diferentes linhagens genéticas, além de fatores como a relação energia:proteína, melhoramento genético dos grãos e do processamento de alimentos.

Tratamentos físicos, como a peletização, são utilizados no processamento de rações com o objetivo de incrementar sua eficiência de utilização, promovendo melhoria na digestibilidade dos alimentos e conseqüentemente melhora no desempenho das aves (MELO et al., 2016). Porém, Massuquetto et al. (2019) demonstraram que o aumento do consumo de ração é um dos fatores mais importantes para que a peletização possa promover melhor desempenho dos frangos de corte.

Com os avanços genéticos têm-se a necessidade de fornecer aos animais uma alimentação que maximize seu desempenho e eficiência produtiva, reduzindo a deposição de gordura, associada ao balanço dietético e a alta capacidade de consumo de ração dos genótipos comerciais atuais (LIMA et al., 2008).

A nutrição tem considerável responsabilidade pelo sucesso da avicultura, para maximização do desempenho e melhora no rendimento de carcaça. Especialmente para carne de peito, têm surgido vários trabalhos buscando ajustar os níveis nutricionais das dietas para frangos de corte, a fim de adequar as necessidades para a obtenção de maior rendimento (ASSUNÇÃO; GARCIA, 2019; GARCIA; CORREIA; ALMEIDA, 2003).

2.2.1 Efeito da densidade nutricional sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte

Um dos objetivos da alimentação e nutrição de frangos de corte, é melhorar o aproveitamento de nutrientes pelo animal e as características de carcaça, favorecendo deposição de proteína e reduzindo acúmulo de gordura (SAKOMURA et al., 2004).

O consumo de energia é fundamental para o desenvolvimento da ave. Grimbergen (1974) divide a exigência de energia para aves em manutenção e produção. A energia para manutenção compreende o metabolismo basal, a produção de calor e as atividades vitais das aves, estando diretamente relacionada ao peso corporal. A energia para produção é dividida entre o crescimento corporal, produção e deposição de gordura.

Longo et al. (2006), descrevem os fatores que mais afetam a exigência energética dos frangos de corte, sendo eles: peso corporal, taxa de crescimento, temperatura ambiental, atividade física e grau de empenamento. A determinação das exigências energéticas e da eficiência de aproveitamento da energia pelas aves é fundamental em relação à eficiência de deposição de gordura e tecido magro, a qual se altera frente a modificações na alimentação e em decorrência do próprio crescimento corporal do animal (EMMANS, 1987).

A energia metabolizável (EM) para manutenção corresponde a uma grande proporção da EM ingerida pelos frangos de corte, representando de 42 a 44% (LOPEZ; LEESON, 2005). Contudo, linhagens de frangos de corte com uma menor seleção para ganho de peso, utilizam maior proporção da EM ingerida para a manutenção, em comparação às linhagens selecionadas para rápido crescimento (LATSHAW; MORITZ, 2009).

Considerando à utilização de EM para produção, a eficiência ocorre em função do tipo de tecido depositado, seja como ganho de proteína, gordura ou uma combinação de ambos, e também em função da composição da dieta, uma vez que proteínas, gorduras e carboidratos são utilizados com diferentes eficiências (HENN, 2013). Estima-se que para frangos de corte, a utilização de proteína, carboidratos e gordura da dieta para produção seja de 60, 75 e 90%, respectivamente (DE GROOTE, 1974).

De acordo com Boekholt et al. (1994), frangos em crescimento apresentam uma eficiência de deposição de proteína menor que de deposição de gordura. Além disso, a relação dos aminoácidos, energia:proteína e o nível de consumo de energia também afetam a eficiência de deposição corporal de proteína e de gordura (HENN, 2013).

A formulação de rações para aves com base no conceito de proteína bruta (PB) resulta em dietas contendo níveis de aminoácidos superiores às necessidades reais dos animais, o que ocasiona o aumento da excreção de nitrogênio e dos custos de produção, fato este que pode ser corrigido com a utilização de aminoácidos industriais na dieta (GOMIDE et al., 2007).

Os aminoácidos industriais como DL-metionina, L-lisina, L-triptofano e L-valina têm sido amplamente utilizados na formulação de rações devido a seu baixo custo, o que possibilita um melhor ajuste nos níveis de aminoácidos da dieta e conseqüentemente a redução do nível de PB (REGINATTO et al., 2000). A lisina é o aminoácido mais usado como referência na formulação de rações baseadas no conceito de proteína ideal, isto porque a análise é mais fácil de ser realizada em comparação a metionina e cistina, e a utilização da lisina pelo organismo é praticamente exclusiva para deposição de proteína corporal (ARAÚJO, L.; JUNQUEIRA; ARAÚJO C.; 2001).

A exigência nutricional de aminoácidos é influenciada por fatores tais como idade e sexo dos animais, níveis de energia e lisina da ração, condições ambientais (principalmente temperatura), estado sanitário dos animais (desafio imunológico), digestibilidade dos nutrientes das matérias primas usadas na fabricação de rações e a variedade de metodologias utilizadas para as estimativas nutricionais (AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION, 2012).

Os valores de exigências de aminoácidos também diferem de acordo com o método utilizado para determiná-los. De maneira geral é utilizado o ganho de peso como critério para estabelecer os níveis de inclusão de aminoácidos na formulação, porém, isto pode acarretar em subestimação dos requerimentos de outros parâmetros, uma vez que a exigência de aminoácidos para máximo ganho de peso é menor em comparação à exigida para taxa de conversão alimentar, rendimento de peito e menor deposição de gordura abdominal (BERNAL et al., 2014). Para um mesmo nível de ganho de peso, alguns aminoácidos como a lisina, podem reduzir a deposição de lipídeos e aumentar o acréscimo de proteína corporal (LECLERCQ, 1998). Em outras palavras, as exigências de aminoácidos para reduzir deposição de gordura e aumentar percentual de tecido magro são maiores que para atingir ganho de peso elevado.

Dozier, Kidd e Corzo (2008) ressaltam que a seleção genética de frangos para rápido crescimento resultou em animais com melhor taxa de conversão alimentar e maior peso corporal em comparação a linhagens comerciais antigas, portanto aumentando a exigência de aminoácidos das linhagens atuais. Os autores sugerem que a diferença

entre as linhagens de frango para resposta às densidades de aminoácidos da dieta parece estar relacionada ao desenvolvimento muscular e consumo de ração. Linhagens que apresentam deposição de tecido muscular mais rápida necessitam de alta densidade de aminoácidos. Duas linhagens podem ser similares para deposição de carne, mas diferirem no consumo de ração, e neste caso o nível mínimo de aminoácidos da dieta deverá ser maior para os animais com menor consumo.

Pensando na suplementação de aminoácidos para frangos de corte, duas principais estratégias nutricionais podem ser aplicadas: formulação com baixa densidade de aminoácidos para reduzir o custo de alimentação, ou, formulação com alta densidade de aminoácidos para otimizar deposição de carne magra (DOZIER; KIDD; CORZO, 2008).

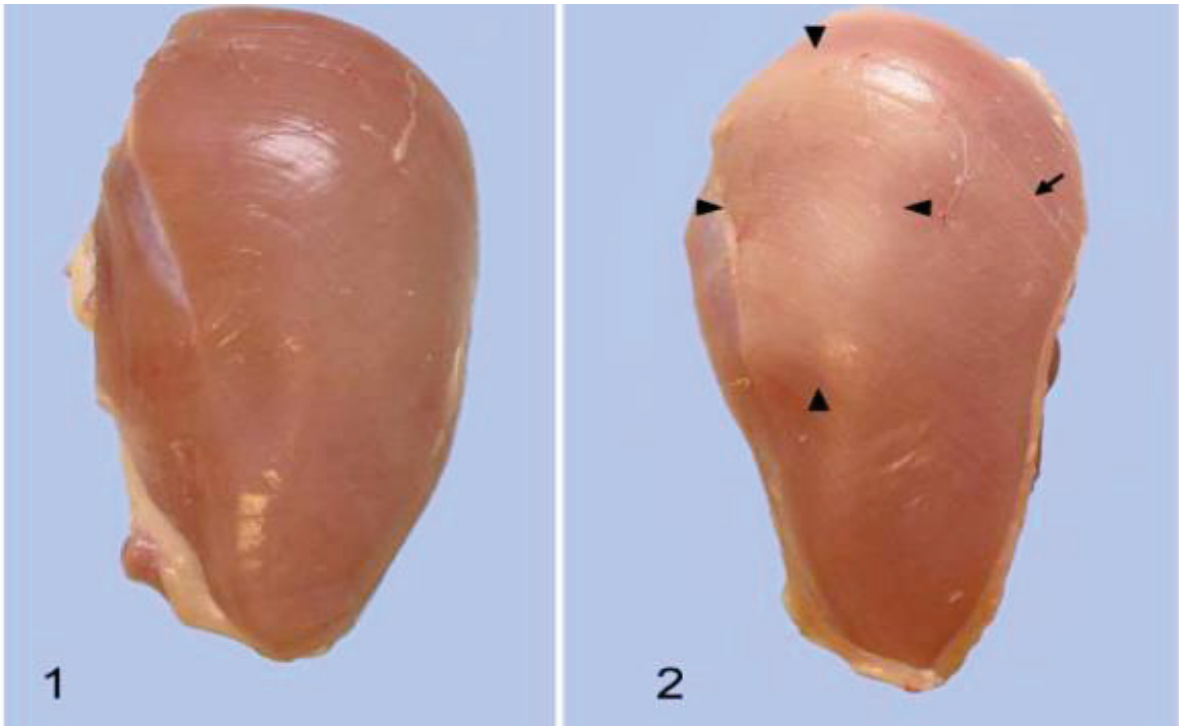
2.3 MIOPATIAS E SUA LIGAÇÃO COM O MELHORAMENTO GENÉTICO E DENSIDADE NUTRICIONAL

Na última década, algumas miopatias foram observadas mundialmente em peitos de frangos de corte, afetando principalmente o filé de peito, que é a parte com maior valor agregado da carcaça nos mercados ocidentais (BARBUT, 2019). As duas principais miopatias relevantes são as classificadas como *white striping* (WS) também conhecido como estrias brancas, e *wooden breast* (WB) ou peito amadeirado, associadas a frangos de crescimento rápido e mais pesados. A presença da miopatia peitoral profunda (MPP; também conhecida como doença do músculo verde) foi relatada, porém em uma extensão muito menor. Outras miopatias são detectadas ocasionalmente em áreas como no músculo da perna (músculo adutor) e na área craniana dorsal da ave, mas não nos níveis de WS ou WB e, portanto, não representam grande preocupação econômica (BARBUT, 2019).

Como forma de padronizar o tema das miopatias o MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019) publicou a normativa técnica nº 17/2019 caracterizando as miopatias e definindo critérios relacionados aos padrões que devem ser seguidos pelas indústrias, como:

White striping → caracterizada pelo surgimento de estrias esbranquiçadas na superfície do músculo *Pectoralis major* de frangos, que afeta principalmente a região cranial podendo se estender por todo o músculo (FIGURA 4).

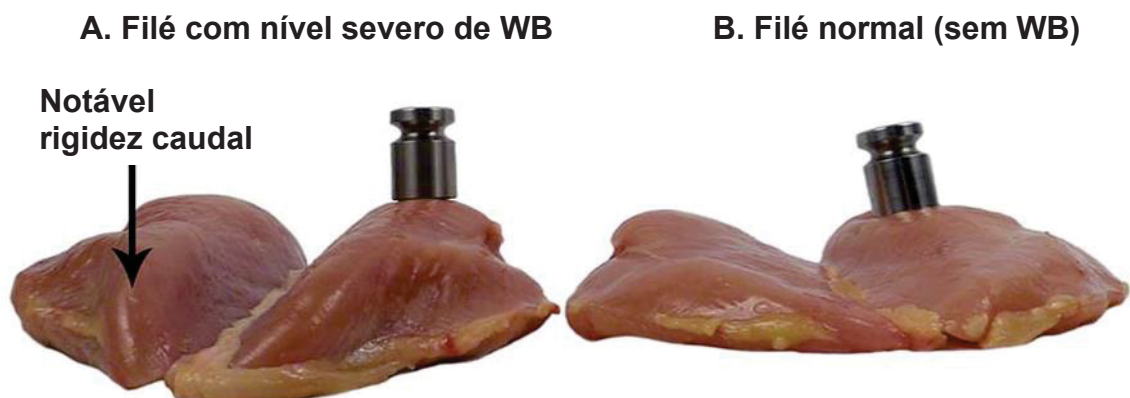
FIGURA 4. FILÉ DE PEITO COM NÍVEL NORMAL (1) E MODERADO (2) DE WHITE STRIPING.



FONTE: Adaptado de SIHVO et al. (2017).

Wooden breast → caracterizada por áreas pálidas e com rigidez aumentada do músculo do peito tipicamente na parte proximal do filé, sendo que o endurecimento pode ser encontrado em todo o músculo em casos mais graves (FIGURA 5).

FIGURA 5. FILÉ DE PEITO DE FRANGO DE CORTE COM NÍVEL SEVERO DE WOODEN BREAST (WB).



FONTE: Adaptado de KUTTAPPAN et al. (2017).

Essas duas miopatias podem aparecer juntas ou individualmente, mas tendem à estar relacionadas. As proporções e a gravidade dessas miopatias podem ser dependentes de fatores relacionados a genética, densidade nutricional da dieta, taxa de crescimento, atividade das aves, número de células-tronco embrionárias e manejo (BALDI et al., 2018; CRUZ et al., 2017; KUTTAPPAN et al., 2017; TIJARE et al., 2016).

Ainda, segundo Barbut (2019), a ocorrência de WB chega a 20% em frangos de corte de crescimento rápido (~4,0 kg de peso vivo), tendo um custo estimado de mais de U\$ 500 milhões/ano nos EUA. Segundo Kuttappan et al. (2012a) e Petracci et al. (2015), aves de linhagens com alto rendimento de peito e mais pesadas ao abate são mais propensas ao aparecimento das lesões, vinculados à taxa de ganho de peso (LORENZI et al., 2014).

Quando a carne é processada, essas miopatias representam problemas de qualidade (carne mais firme e/ou com menor retenção à água), mas não apresentam um problema de segurança alimentar. A menor retenção de água torna-se importante para a qualidade da carne em virtude da aceitação visual, sensorial, econômica e pela função que desempenha na moldagem da estrutura muscular (HUGHES et al., 2014).

A indústria avícola agora está focada em maneiras de reduzir ou eliminar a ocorrência dessas miopatias. Recentemente, algumas melhorias nas instalações e nas dietas foram feitas à medida que se aprende sobre as interações entre fatores ambientais e de gerenciamento (por exemplo, nutrição), e alguns produtores já estão implementando novas técnicas. Os programas de melhoramento estão começando a mostrar resultados sobre as características exigidas pelo consumidor em relação a qualidade do peito e espera-se que se reduza as miopatias que os acometem (estimado em 10% das aves por ano) e a traga-se mais soluções no futuro (BARBUT, 2019).

2.3.1 *White striping*

Segundo alguns autores (CRUZ et al., 2017; KUTTAPPAN et al., 2012a, 2013b; LORENZI et al., 2014; PETRACCI et al., 2015; SOGLIA et al., 2016), aves de linhagem selecionadas para alto rendimento de peito, machos, com dietas com alta densidade energética e mais pesadas ao abate são fatores que favorecem o aparecimento das lesões de WS, sendo que todos esses fatores podem estar vinculados à taxa de ganho de peso e peso ao abate.

Esta miopatia foi descrita inicialmente em 2009, e afeta a qualidade da carne dos frangos (KUTTAPPAN et al., 2012b). É mensurada por escore, onde de acordo com o grau de severidade a WS pode ser classificada em filés normais (grau 0), moderado com pequenas estrias brancas e menor que 1 mm de espessura (grau 1), severo com estrias brancas de 1 a 2 mm de espessura (grau 2) e estrias brancas grossas maior que 2 mm de espessura cobrindo toda a superfície do músculo (grau 3) (KUTTAPPAN et al., 2012a). Quando aves apresentam peitos com níveis severos de WS, pode chegar a uma diferença de até 80% a mais de gordura e 5% menor conteúdo proteico, comparando com peitos normais (KUTTAPPAN et al., 2012a).

As maiores mudanças são encontradas em graus severos, e estão relacionadas a danos causados pelo rompimento da fibra, o que leva a aumento na circulação de creatina quinase, alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase e lactato desidrogenase (KUTTAPPAN et al., 2013a). Frangos de corte selecionados para crescimento rápido apresentam mais fibras musculares do que linhagens de crescimento lento, em média 25% a mais (RIDPATH et al., 1984). Esse número de fibras musculares está diretamente relacionado a quantidade de colágeno na carcaça. Chen et al. (2007), comparando três linhagens de frangos (AA, BJB e JXC), observaram que frangos mais pesados, possuíam maior diâmetro de fibras e menor densidade miofibrilar, sendo que cada linhagem possuía características diferenciadas nas fibras musculares, como comprimento e número de fibras. Alguns autores (HOVING-BOLINK et al., 2000; MUTRYN et al., 2015; ZAMBONELLI et al., 2016) relatam esse aumento no número e diâmetro das fibras, mostraram que há indícios de redução tanto na vascularização quanto na razão entre capilares e fibras musculares em híbridos de frangos selecionados para alta taxa de crescimento e rendimento de peito, podendo esse ser o motivo de degeneração da musculatura e esta substituída por tecido adiposo (MUDALAL et al., 2015; TASONIERO et al., 2016).

Kuttappan et al. (2017), analisando músculos coletados de frangos com ou sem miopatia, revelou que a ocorrência da miopatia está intimamente associada à regulação positiva do metabolismo de proteínas. Esse aumento do metabolismo proteico pode estar relacionado à maior taxa de crescimento observada nessas aves e/ou ao processo regenerativo que ocorre para reparar alterações miopáticas degenerativas, acompanhadas de fibrose e lipidose (SOGLIA et al., 2016).

2.3.2 *Wooden breast*

A miopatia WB é caracterizada por áreas pálidas e com rigidez aumentada, sendo esta desordem restrita ao músculo do peito. A detecção de WB pode ser manualmente, por meio da palpação, e acomete as aves a partir de três semanas de idade, podendo afetar mais de 50% de um lote (MUTRYN et al., 2015). Conforme o grau de severidade a miopatia WB pode ser classificada (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014) em filés normais ou escore 0 (cor e consistência normal), filés moderados ou escore 1 (consistência endurecida e cor pálida na área cranial com poucas estrias brancas) e filés severos ou escore 2 (endurecido e pálido no músculo inteiro e com várias listras brancas).

Pode-se observar macroscopicamente em casos severos de WB material viscoso com petéquias ou pequenas hemorragias, sendo muitas vezes apresentando níveis de WS no mesmo peito (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014).

A prevalência de WB e a sua histologia não está bem esclarecida. Há indícios de maior expressão gênica à hipóxia e ao estresse oxidativo em aves acometidas, pesquisas têm associado sua incidência diretamente com o aumento da taxa de crescimento e peso do filé de peito (KUTTAPPAN et al., 2017; SANCHEZ BRAMBILA et al., 2018), porém não está claro se é uma doença primária ou secundária (MUTRYN et al., 2015).

Segundo Zambonelli et al. (2016), a seleção genética resultou em músculos um crescimento inadequado dos vasos sanguíneos, comprometendo o suprimento de oxigênio e do deslocamento dos produtos metabólicos residuais das miofibras do peito dos frangos, causado pelo estresse oxidativo. Mutryn et al. (2015) observaram esse mesmo estresse oxidativo causado pelo acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio dentro do tecido muscular, o que pode estar envolvido no início do mecanismo inflamatório. Outro fator que pode influenciar para o aumento da dureza do peito, segundo Velleman e Clark (2015), é o aumento da reticulação (*crosslinking*) do colágeno a partir do aumento da produção de decorina. Decorina é um proteoglicano rico em leucina localizada na matriz extracelular do músculo esquelético, e exerce função importante na regulação do diâmetro da fibra de colágeno e no crescimento das fibras musculares (PURSLOW, 2014).

Em estudo de Soglia et al. (2016a), ao avaliar níveis de minerais nos peitos dos frangos, não observaram diferença nos níveis de Mg, K e P, porém apresentaram níveis

de Na e Ca maiores do que peitos sem WB. Foi também observado que o pH de peitos afetados com WB é mais elevado que peitos sem WB (MUDALAL et al., 2015), essa alteração pode estar relacionada com a utilização alterada da glicose em aves afetadas pela miopatia e resultar em redução do glicogênio muscular e/ou mudança no início da acidificação no período *post-mortem*.

Outra possibilidade é que as reservas de glicogênio estejam reduzidas devido ao estresse e dor causados pela miopatia. Sendo que, quando Abasht et al. (2016) caracterizaram o perfil metabólico de filés de frangos de corte acometidos pela WB, verificaram alteração do metabolismo de aminoácidos e carboidratos, devido aos níveis elevados de histidina acompanhados por acúmulo de histamina, o qual está associado a dor e inflamação. Além disso, os autores notaram redução do glicogênio muscular combinado com níveis reduzidos de enzimas glicolíticas (glicose 6 fosfato e frutose 6 fosfato), as quais são importantes para produção de ATP em músculos *post-mortem* (CAI et al., 2018) e dos produtos finais do metabolismo muscular, tais como o ácido lático e o piruvato. Autores como Sosnicki e Wilson (1991), Sihvo, Immonen e Puolanne (2014), demonstraram a mudança no metabolismo glicolítico de aves selecionadas para maior ganho de peso e rendimento de peito, por meio da diminuição da capilaridade em relação ao número de fibras. A redução do glicogênio muscular em ambos os casos pode refletir nas alterações dos processos bioquímicos envolvidos na transformação do músculo em carne, resultando em manutenção do pH em níveis mais altos.

Em adição, é observado maiores perdas de água durante o cozimento em comparação a peitos normais (TROCINO et al. 2015). Segundo Assunção; Garcia (2019), ao avaliarem atributos qualitativos, sensoriais e a morfologia das fibras musculares em filés de frangos de corte associados a miopatia de WB, observaram que filés com grau moderado e severo da miopatia apresentaram pesos e altura cranial maiores que filés normais.

Uma qualidade essencial é a capacidade da carne em reter água, sendo este um aspecto econômico e sensorial, pois tem um impacto econômico no processamento e no rendimento da carne pós-congelamento (FLETCHER, 2002). Segundo Mudalal et al. (2015); Mutryn et al. (2015), a seleção genética para ganho de peso e para rendimento de peito é a hipótese com maior suporte e os fatores que apresentam maior influência no aparecimento dessa anormalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASHT, B. et al. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–16, 2016.
- ABDULLAH, A. Y. et al. Growth Performance, Carcass and Meat quality Characteristics of Different Commercial Crosses of broiler Strains of Chicken. **The Journal of Poultry Science**, v. 47, p. 13–21, 2010.
- AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION. Aminoácidos na nutrição de frangos de corte. p. 12, 2012.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA O.M.; ARAÚJO C.S.S. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, vol.3, n.2, 2001.
- ARAÚJO, L. F. et al. Diferentes perfis de aminoácidos para frangos de corte no período de 43 a 56 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.387-393, 2002.
- ASSUNÇÃO, A. S. DE A.; GARCIA, R. G. Caracterização do músculo pectoralis major de frangos de corte com a miopatia wooden breast. **Tese de mestrado**. p. 83, 2019.
- BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **Animal**, v. 12, n. 1, p. 164–173, 2018.
- BARBUT, S. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. **World's Poultry Science Journal**, v. 75, n. 4, p. 559–582, 26 dez. 2019.
- BERNAL, L. et al. Digestible Lysine Requirements of Broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 1, p. 49–54, 2014.
- CAI, K. et al. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. **Poultry Science**, v. 97, p. 337–346, 2018.
- CHEN, X. D. et al. Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, Jingxing 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens. **Meat Science**, v. 77, n. 2, p. 220–227, 2007.
- CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017.
- DEMUNER, L. F. et al. Adjustment of growth models in broiler chickens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1241–1252, dez. 2017.
- DOZIER, W. A.; KIDD, M. T.; CORZO, A. Dietary amino acid responses of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 1, p. 157–167, 2008.
- DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 743–746, 1999.

EMMANS, G.C. Growth, body composition, and feed intake. **World's Poultry Science Journal**, v. 43, p. 208-227, 1987.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, p. 131-145, 2002.

GARCIA, R. G.; CORREIA, I.; ALMEIDA, L. DE. Avaliação de Desempenho , Rendimento de Carcaça e Qualidade da Carne do Peito em Frangos de Linhagens de Conformação versus Convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1663-1673, 2003.

GAYA, L. D. G. **Estudo genético da deposição de gordura abdominal e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em linhagem macho de frangos de corte**. Tese de mestrado, p. 1-99, 2003.

GAYA, L. G. et al. Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 837-843, 2006.

GOMIDE, E. M. et al. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1769-1774, 2007.

GRIMBERGEN, A.H.M. Energy expenditure under productive conditions. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.), Energy requirements of poultry. Edinburgh: **British Poultry Science**. p.61-71, 1974.

GROOTE, G. DE. Utilisation of metabolizable energy. In Morris, T. R. and Freeman, B.M. (eds) energy Requirements of poultry. **British Poultry Science**. p. 113-133; 1974.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Carcass Composition and Yield of 1991 vs 1957 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets. **Poultry Science**, v. 73, n. 82, p. 1509-1518, 2003.

HENN, J. D. Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte. **Tese de doutorado**, p. 1-186, 2013.

HOVING-BOLINK, A. H. et al. Fibre area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. **Meat Science**, v. 56, n. 4, p. 397-402, 2000.

HUGHES, J. M. et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 520-532, 2014.

HUNTON, P. 100 Years of poultry genetics. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 03, p. 417-428, 1 set. 2006.

ISMAIL, I.; JOO, S.-T. 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.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, p. 811-819, 2013b.

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, 2012a.

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, 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. Proteomic analysis reveals changes in carbohydrate and protein metabolism associated with broiler breast myopathy. p. 1–8, 2017.

LECLERCQ, B. Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, v. 77, n. 1, p. 118–123, 1998.

LEDUR, M. C. et al. O melhoramento genético de aves no Brasil e as contribuições da Embrapa Suínos e Aves. **In: Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 293–316, 2011.

LIMA L. M. B. et al. Efeitos dos níveis de energia, lisina e metionina + cistina sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.8, p.1424-1432, 2008.

LONGO, F. A. et al. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 119-126, 2006.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. **Poultry science**, v. 84, n. 7, p. 1069–1076, 2005.

LÓPEZ, K. P.; SCHILLING, M. W.; CORZO, A. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. **Poultry Science**, v. 90, n. 5, p. 1105–1111, 2011.

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.

MARTINS, J. M. S. et al. Melhoramento genético de frangos de corte. **Pubvet**, v. 6, n. 18, 2012.

MASSUQUETTO, A. et al. Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutritional digestibility in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 11, p. 5497-5503, 2019.

MELO, A. S. et al. Formas físicas de utilização de rações para aves. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.2, p.173-178, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Definição e classificação de miopatias para fins de aplicação do artigo 175 do decreto 9.013, de 29/03/2017. 2019.

- MOREIRA, J. et al. Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6 SUPPL. 1, p. 1663–1673, 2003.
- 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.
- MUTRYN, M. 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. 1–19, 2015.
- PETRACCI, M. et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.
- PURSLOW, P. P. New Developments on the Role of Intramuscular Connective Tissue in Meat Toughness. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 5, p. 133–153, 2014.
- REGINATTO, M. et al. Efeito da Energia, Relação Energia: Proteína e Fase de Crescimento Sobre o Desempenho e Composição de Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 3, p. 229–237, 2000.
- RIDPATH, J. F. et al. Growth and differentiation of chicken embryo muscle cell cultures derived from fast- and slow-growing lines. Intrinsic differences in growth characteristics and insulin response. **Differentiation**, v. 26, p. 121–126, 1984.
- SAKOMURA, N. K. et al. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6 SUPPL. 1, p. 1758–1767, 2004.
- SANCHEZ BRAMBILA, G. et al. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4°C and -20°C. **Poultry Science**, v. 97, p. 441762–1767, 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.
- SILVA, M. D. A. E. Evolução do melhoramento genético de aves no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 437–445, 2009.
- SOGLIA, F. et al. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 89, p. 1071–1076, 2016.
- SOSNICKI, A. A.; WILSON, B. W. Pathology of Turkey Skeletal Muscle: Implications for the Poultry Industry. **Food Structure**, v. 10, n. 4, Article 5, 1991.
- SOUZA, E. M.; MICHELAN FILHO, T. Genética avícola. In: MENDES, A. A.; NAAS, I. A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas: **FACTA**, p. 23-35, 2004.

STRINGHINI, J. H. 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.

TASONIERO, G. et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707–2714, 2016.

TAVÁREZ, M. A.; SOLIS DE LOS SANTOS, F. Impact of genetics and breeding on broiler production performance: a look into the past, present, and future of the industry. **Animal Frontiers**, v. 6, n. 4, p. 37–41, 2016.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2167–2173, 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, p. 2996–3004, 2015.

VELOSO, R. DE C. et al. Genetic divergence between genotypes for male and female broilers. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 554–559, 2016.

VIANA, C. F. A. et al. Influência de grupos genéticos e de níveis de energia sobre características de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1067–1073, 2000.

VIEIRA, S. L.; MORAN, E. T. Broiler yields using chicks from egg weight extremes and diverse strains. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 7, n. 4, p. 339–346, 1998.

ZAMBONELLI, P. 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.

ZANOTTO, D.L.; ALBINO, L.F.T.; BRUM, P. Efeito do grau de moagem no valor energético do milho para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 57, 1994.

ZEREHDARAN, S. et al. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. **Poultry science**, v. 83, n. 4, p. 521–525, 2004.

ZUIDHOF, M. J. et al. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014.

CAPÍTULO II - CURVAS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS DE UM A 49 DIAS DE IDADE COM DIETAS DE DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a curva de crescimento de três linhagens de frangos de corte recebendo três densidades nutricionais, para desta forma determinar o impacto nutricional na expressão de potencial máximo de cada linhagem. Foram utilizados 3240 frangos de corte, alojados de um a 49 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três linhagens (A, B e C) e três densidades nutricionais (regular, média e alta), com 12 repetições, de 30 animais em cada unidade experimental. Para determinar as curvas de crescimento foi utilizado o modelo matemático de Gompertz ($Y = a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-k t))$). A partir do peso vivo médio semanal de cada linhagem e densidade nutricional utilizada, realizou-se a estimação dos parâmetros dos modelos de crescimento. Para os dados de peso de carcaça e cortes, foi utilizado os dados aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade. A determinação dos parâmetros foi realizado utilizando a equação " $Y = aX^b$ ". Animais que receberam densidade nutricional regular apresentaram velocidade de crescimento 6,4 % menor que animais que receberam dietas de densidade nutricional média e alta. Linhagem de desempenho moderado (A) apresentaram peso corporal e consumo de ração na maturidade menor que as linhagens de rápido desempenho (B e C). Frangos de corte alimentados com dietas de densidade nutricional regular, apresentam uma velocidade de maturidade reduzida e ponto de inflexão tardio nas curvas de crescimento. Linhagens de desempenho moderado (A) apresentam menor peso corporal e consumo de ração na idade adulta.

Palavras chaves: Alometria; Curva de crescimento; Genética; Gompertz; Nutrição;

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the growth curve of three broiler strains receiving three nutritional densities, in order to determine the nutritional impact on the expression of maximum potential of each strain. 3240 broilers were used, housed from one to 49 days of age, distributed in a completely randomized design, in a 3 x 3 factorial design, with three strains (A, B and C) and three nutritional densities (regular, medium and high), with 12 replicates, of 30 animals in each experimental unit. The Gompertz mathematical model ($Y = a * \exp(-b * \exp(-kt))$) was used to determine the growth curves. From the average weekly body weight of each strain and nutritional density used, the estimation was performed of growth model parameters. For carcass weight and cuts data, data were used at 28, 35, 42 and 49 days of age. The parameters were determined using the equation " $Y = \alpha X^\beta$ ". Lower nutritional density showed a growth rate of 6.4% lower than animals that received diets of medium and high nutritional density. Moderate performance strain (A) presented body weight and feed intake at maturity lower than the fast performance strains (B and C). Broilers fed with lower nutritional density diets, have a reduced maturity speed and late inflection point in the growth curves. Moderate performance strain (A) have presented body weight and feed intake lower at maturity age.

Keywords: Allometry; Growth curve; Genetic; Gompertz model; Nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a demanda de alguns países que defendem a produção de frangos de corte com crescimento mais lento, com características organolépticas diferenciadas, tem provocado algumas mudanças no sistema produtivo de aves em geral (FANATICO et al., 2007). Dentre essas mudanças, estão a criação de frangos em condições alternativas aos frangos criados em condições industriais.

Entretanto, as linhagens de frangos de corte atuais apresentam grande potencial genético, resultado de uma seleção para rápido crescimento corporal, melhoramento na conformação de carcaça e conseqüentemente redução na idade de abate (ZEREHDARAN et al., 2004; ABDULLAH et al., 2010; VENTURINI et al., 2014; ZUIDHOF et al., 2014). O foco da seleção genética tem sido não apenas no aumento de desempenho, mas também no aperfeiçoamento da qualidade de carcaça, particularmente na maior deposição de tecido magro e redução da gordura abdominal (LE BIHAN-DUVAL et al., 1999). A demanda crescente dos consumidores por carne magra tem aumentado a pressão sobre as instituições de pesquisa e as indústrias de processamento e comercialização para que haja redução na adiposidade da carcaça de frangos (SILVA, 2009).

O elevado potencial genético das aves geram diferentes demandas nutricionais, ambientais e de manejo e conhecer essas diferenças auxilia a expressão do potencial de produção desses animais. Conhecer a variabilidade de produção entre as genéticas quanto a rendimento de carcaça, produção de peito e qualidade de carne é de extrema necessidade para a indústria. O grau de importância dessas características varia de acordo com o consumidor final e o que a empresa necessita como produto a ser comercializado (ASSUNÇÃO; GARCIA, 2019).

Assim, com os avanços genéticos, ocorre também mudanças nas exigências nutricionais, sendo elas interdependentes de cada linhagem. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar as curvas de crescimento de três genéticas de frangos de corte recebendo três densidades nutricionais, a fim de ajustar as curvas de crescimento pelo modelo de Gompertz, para dessa forma, compreender o potencial máximo e como ajustes de densidade nutricional podem impactar na expressão do potencial genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná-UFPR, sob n 116/2016.

2.1 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Os ovos para incubação foram adquiridos de matrizes de 37 – 40 semanas de idade das linhagens definidas com A, B e C. Foram alojados 3240 frangos de corte machos, alojados de um a 49 dias de idade, provenientes de três linhagens genéticas comerciais, sendo uma de crescimento moderado (linhagem A) e duas com alta performance (linhagens B e C). Os animais foram mantidos em boxes de 1,65 m de comprimento e 1,25 m de largura, com densidade de 15 aves/m², sobre cama de maravalha de pinus nova com 15 cm de altura, equipados com bebedouros *nipple* e comedouros tubulares.

Diariamente foi realizado manejo no galpão convencional para verificar temperatura, mortalidade e fornecimento de ração. O aquecimento foi feito com a utilização de resistências elétricas até os animais completarem 14 dias de idade. O controle de temperatura e renovação do ar foi realizado por meio de abertura e fechamento de cortinas. Água e ração foram fornecidos *ad libitum* durante todo o período experimental.

2.2 DIETAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As dietas fornecidas foram à base de milho e farelo de soja, na forma peletizada/triturada (até 21 dias de idade) e peletizada (22 a 49 dias de idade). Foram formuladas três dietas, visando densidade nutricional regular (DNR), média (DNM) e alta (DNA) conforme as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011), como apresentado na TABELA 1 e 2.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 X 3 (três linhagens comerciais e três níveis nutricionais), com 12 repetições de 30 animais cada de um a 49 dias de idade.

TABELA 1. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS¹.

Ingredientes (%)	Pré inicial - 1 a 7 dias			Inicial - 8 a 21 dias		
	Regular	Média	Alta	Regular	Média	Alta
Milho	57,07	46,57	36,03	62,95	54,65	44,56
Farelo de Soja	38,08	44,86	51,64	32,02	37,94	44,30
Óleo soja	0,13	4,05	7,99	0,00	3,33	7,24
Calcario	0,97	0,97	0,971	0,98	0,98	0,98
Fosfato	1,84	1,78	1,73	1,47	1,42	1,36
Sal	0,53	0,53	0,53	0,50	0,51	0,51
DL-Metionina	0,24	0,29	0,34	0,20	0,24	0,29
L-Lisina	0,19	0,16	0,14	0,20	0,19	0,16
L-Treonina	0,08	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Caulin	0,10	0,10	0,10	0,89	0,10	0,10
Seq Toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Vitamin.	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10
Micromin.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Carbonato K	0,33	0,17	0,00	0,30	0,15	0,00
Nutriente (%)						
Proteína Bruta	25,90	25,97	26,22	23,14	23,21	23,74
Cálcio	0,92	0,92	0,92	0,82	0,82	0,82
Fósforo disponível	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39
Sódio	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Potássio	1,05	1,05	1,05	0,94	0,94	0,94
Cloro	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35
Lisina digestível (dig)	1,32	1,33	1,44	1,15	1,17	1,29
Metionina + Cisteína dig	0,85	0,94	1,04	0,76	0,84	0,93
Metionina dig	0,48	0,58	0,68	0,42	0,50	0,59
Treonina dig	0,86	0,86	0,94	0,77	0,77	0,84
EM ² kcal/kg	2803	2950	3098	2850	3000	3150

¹Densidades nutricionais seguiram as recomendações das Tabelas brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011). ² Energia metabolizável.

TABELA 2. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS¹.

Ingredientes (%)	Crescimento - 22 a 35 dias			Final - 36 a 49 dias		
	Regular	Média	Alta	Regular	Média	Alta
Milho	66,95	57,69	48,42	70,19	61,30	52,01
Farelo de Soja	28,82	34,38	39,94	26,07	31,24	36,80
Óleo soja	0,40	4,25	8,10	0,42	4,26	8,15
Calcario	0,92	0,92	0,91	0,78	0,78	0,78
Fosfato	1,23	1,19	1,14	0,93	0,89	0,85
Sal	0,48	0,48	0,48	0,45	0,45	0,46
DL-Metionina	0,18	0,22	0,27	0,15	0,20	0,23
L-Lisina	0,19	0,18	0,16	0,20	0,18	0,15
L-Treonina	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Caulin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Seq Toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Vitamin.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Micromin.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Carbonato K	0,26	0,13	0,00	0,25	0,12	0,00
Nutriente (%)						
Proteína Bruta	21,40	21,49	21,74	20,15	20,24	20,53
Cálcio	0,73	0,73	0,73	0,60	0,60	0,60
Fósforo disponível	0,34	0,34	0,34	0,28	0,28	0,28
Sódio	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19
Potássio	0,87	0,87	0,87	0,82	0,82	0,82
Cloro	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível (dig)	1,04	1,08	1,19	0,97	1,01	1,11
Metionina + Cisteína dig	0,71	0,79	0,87	0,67	0,74	0,81
Metionina dig	0,39	0,47	0,55	0,36	0,43	0,51
Treonina dig	0,71	0,71	0,77	0,67	0,67	0,72
EM ² kcal/kg	2945	3100	3255	2992	3150	3307

¹Densidades nutricionais seguiram as recomendações das Tabelas brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011). ² Energia metabolizável.

2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

As aves, a ração fornecida e as sobras foram pesadas no alojamento aos sete, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade. O consumo de ração (CR) foi calculado pela diferença entre o total de ração fornecida e as sobras de cada boxe (unidade experimental), dividida pelo número corrigido de aves pela mortalidade (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). A mortalidade foi verificada diariamente com o registro do peso da ave.

Para análise dos dados de crescimento da carcaça, foram abatidos 16 animais/tratamento aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade. As aves foram identificadas com um laque plástico numerado em uma das pernas. Após o abate, remoção das penas,

cabeça, pés e vísceras, as carcaças foram lavadas e resfriadas em chiller durante 60 minutos a 2°C. As carcaças após retiradas do resfriamento, foram transferidas para a sala de cortes, sendo pesadas individualmente a carcaça, coxas + sobrecoxas e peito com pele e com osso.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

2.4.1 Peso corporal e consumo de ração (modelo de Gompertz)

Para avaliação do peso corporal e consumo de ração das três linhagens nas diferentes densidades nutricionais foi utilizada a equação de Gompertz (GOUS et al., 1999), por se apresentar o mais adequado biologicamente para utilização no estudo de crescimento de frangos de corte. Além da curva de crescimento, algumas propriedades aos modelos como taxa máxima (TM) (ganho de peso e/ou consumo de ração diário) e o ponto de inflexão (Pi), foram calculados.

Curvas de crescimento:

$$Y = w \cdot \exp(-n \cdot \exp(-k t))$$

Taxa máxima de crescimento (TM):

$$TM = nky \exp(-kt)$$

Ponto de inflexão (Pi):

$$Pi = 0,368w; \ln(b)/k$$

Em que:

“Y” é a medição correspondente (de peso) no tempo t (dias);

“w” é o peso adulto (kg ou g);

“n” é uma constante de integração, relacionada ao peso inicial do animal até a idade adulta do animal, não possui interpretação bem definida;

“k” é um parâmetro da velocidade (kg/dia por kg);

“exp” = 2,71828 (base do logaritmo neperiano).

A TM é utilizada para estimar o incremento no peso no Pi, que ocorre quando o ganho de peso ou o consumo de ração é máximo, sofrendo uma mudança na forma da curva, passando a função de uma forma crescente (côncava) para uma forma decrescente (convexa).

Os parâmetros (w , n e k) dos modelos foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado por meio do procedimento não-linear (NLIN). No caso dos modelos não-lineares, não é possível resolver o sistema de equações formado diretamente, como ocorre no caso linear, uma vez que a resolução do sistema é dependente dos próprios parâmetros a serem estimados. Desta forma, usa-se um processo iterativo para obtenção das estimativas dos parâmetros, o qual começa com valores iniciais, atribuídos aos próprios parâmetros a serem estimados, calcula-se a soma de quadrado do erro e, a cada passo, obtém-se um conjunto de estimativas atualizadas até o procedimento convergir para um vetor final de estimativas (NARINÇ; ÖKSÜZ NARINÇ; AYGÜN, 2017; ZUIDHOF et al., 2014).

O desempenho dos modelos foi avaliado com relação ao coeficiente de determinação ajustado (R^2). Após estimado os parâmetros das equações (w , n e k) individualmente para cada unidade experimental, foi realizada a análise de variância (ANOVA) usando o procedimento MIXED do SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

2.4.2 Alometria

Para a determinação do tipo de crescimento alométricos das medidas de carcaça foi utilizada a equação " $Y=\alpha X^\beta$ " de Huxley (1932), por meio da transformação logarítmica em uma regressão linear simples:

$$\ln Y = \ln \alpha + \beta (\ln X)$$

Em que:

"Y" foi considerado como sendo o peso dos cortes (peito e coxa)

"X" o peso da carcaça

“ α ” interceptão do logaritmo da regressão linear sobre “Y” (antilogaritmo de “ α ”)

“ β ” o coeficiente de crescimento relativo, ou o coeficiente de alometria, que é a velocidade relativa de crescimento de “Y” em relação a “X”. O valor de β para os diferentes componentes do corpo pode ser heterogônico ou isogônico.

Para os coeficientes alométricos “ β ” e os valores de “ α ” foi realizada análise de regressão usando o Proc Reg do SAS®. Após determinado os coeficientes alométricos “ β ”, foi realizada análise da variância usando o procedimento GLM, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

As relações entre características de unidade de medidas diferentes de “ $\beta=1,0$ ” o crescimento foi denominado isométrico, indicando que as taxas de crescimento de “X” e “Y” foram semelhantes; se “ $\beta \neq 1,0$ ” o crescimento foi considerado alométrico, isto é, o crescimento de uma característica é diferenciado em relação à outra, sendo positivo ($\beta > 1$), quando o desenvolvimento é tardio; ou negativo ($\beta < 1$), quando o desenvolvimento é precoce.

3 RESULTADOS

3.1 CURVAS DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ

As médias de consumo de ração e peso vivo acumuladas ao longo do período experimental e utilizadas para o cálculo das curvas pelo modelo de Gompertz estão apresentadas na TABELA 3. Os valores das estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso corporal e consumo de ração a idade adulta estão apresentados na TABELA 4.

Considerando as combinações entre linhagem-densidade nutricional, observou-se que o modelo de Gompertz explicou 99% da variação de dados de peso-idade dos frangos de corte.

Foi observado efeito de interação entre linhagem e DN para taxa de crescimento ($P < 0,001$). Independente da linhagem, os animais que consumiram DNM apresentaram maior taxa de crescimento aos 32 dias (FIGURA 1, 2 e 3, $P < 0,001$). Ao comparar DN com cada linhagem, observou-se que a linhagem C apresentou a maior taxa de crescimento aos 32 dias recebendo a dieta de DNM (FIGURA 5) e DNA (FIGURA 6) e aos 34 dias recebendo dieta de DNR (FIGURA 4).

Analisando o parâmetro “w” ou peso assintótico, interpretado como o peso à maturidade do frango de corte, os animais que receberam dietas de DNR apresentaram em média 395 g a mais de peso na idade adulta ($P < 0,001$), porém estes mesmos animais apresentaram valor de “k” (que representa a velocidade que o animal passa pelo período de crescimento até se tornar adulto) 6,4% menor quando comparado a DNM e DNA (0,044 vs 0,047, respectivamente). Animais que receberam DNR apresentaram o P_i maior em relação aos animais que consumiram dietas de DNM e DNA (34 vs 32, respectivamente; $P < 0,001$).

O mesmo foi observado para consumo de ração, sendo que animais que receberam DNR apresentaram maior “w” (que representa o consumo de ração na idade adulta) cerca de 600 g a mais de consumo de ração que animais da DNM e DNA ($P < 0,001$), porém não apresentaram diferença para o parâmetro “k” e no P_i ($P > 0,05$).

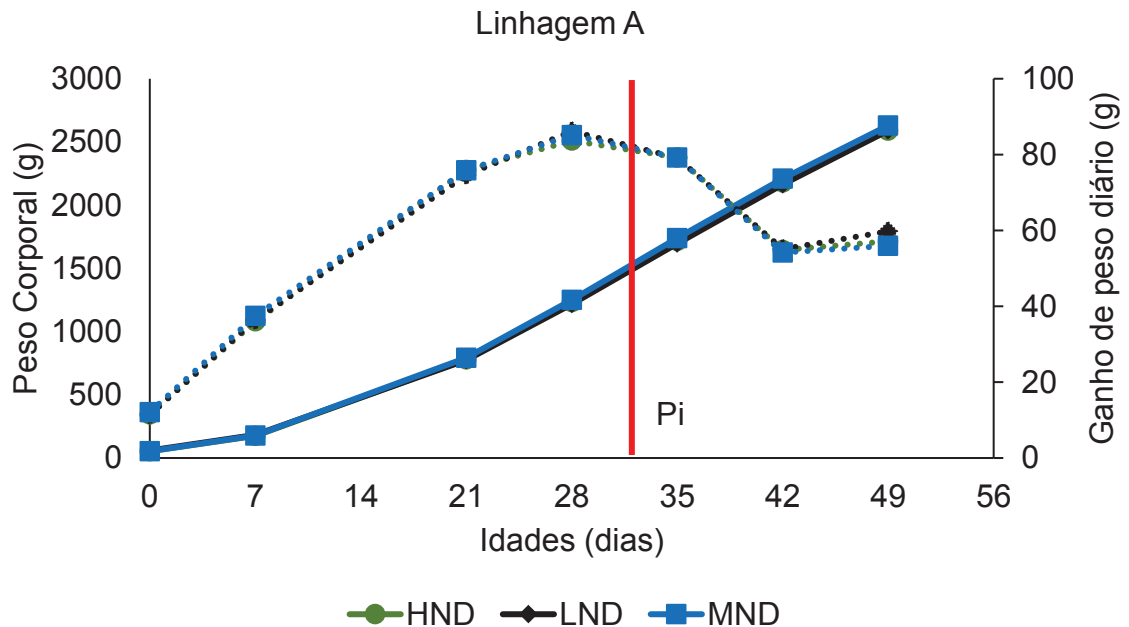
Em relação a genética, animais da linhagem A apresentaram 1300 g a menos para o parâmetro “w” quando comparado as linhagens B e C ($P < 0,001$). Já para consumo de ração a linhagem A apresentou o menor valor para o parâmetro “w”, sendo uma diferença de 1400 g e 2200 g para a linhagem B e C, respectivamente. Assim sendo, a

linhagem A também apresentou o Pi aos 32 dias enquanto a linhagem C apresentou aos 34 dias.

O parâmetro “n” ou constante de integração, por não possuir uma interpretação biológica não será discutido, porém este parâmetro é importante para os cálculos de TM e Pi da curva.

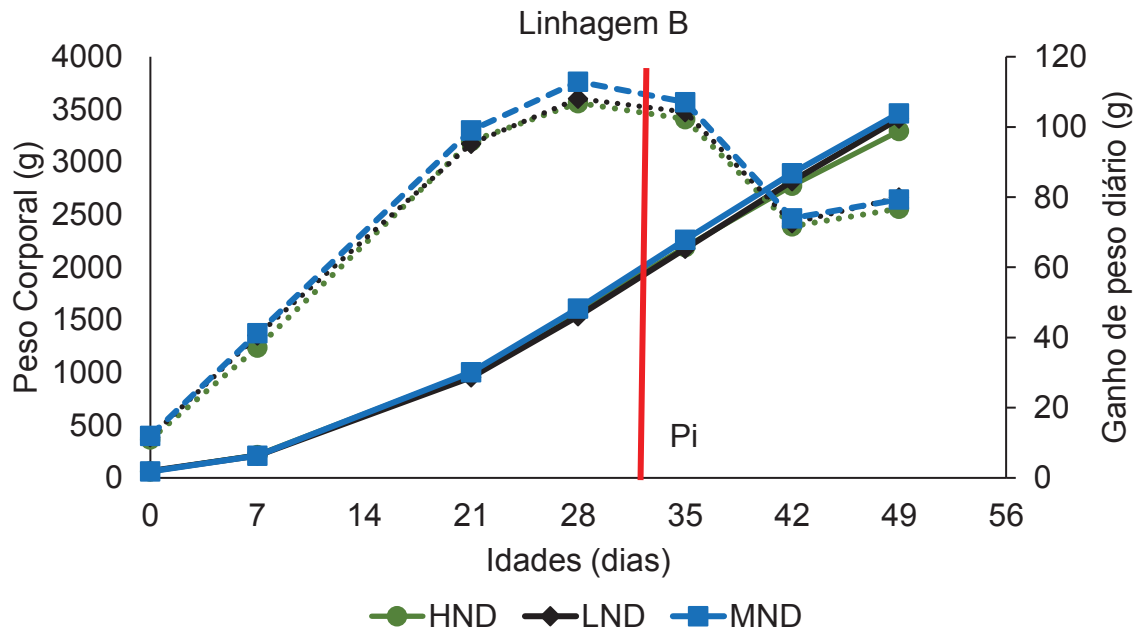
O peso inicial estimado dos frangos de corte foi 20 g maior pelo modelo de Gompertz do que o peso observado, sendo que para as demais idades os valores estimados foram semelhantes aos observados.

FIGURA 1. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \exp(-N \cdot \exp(-K \cdot T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM A RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).



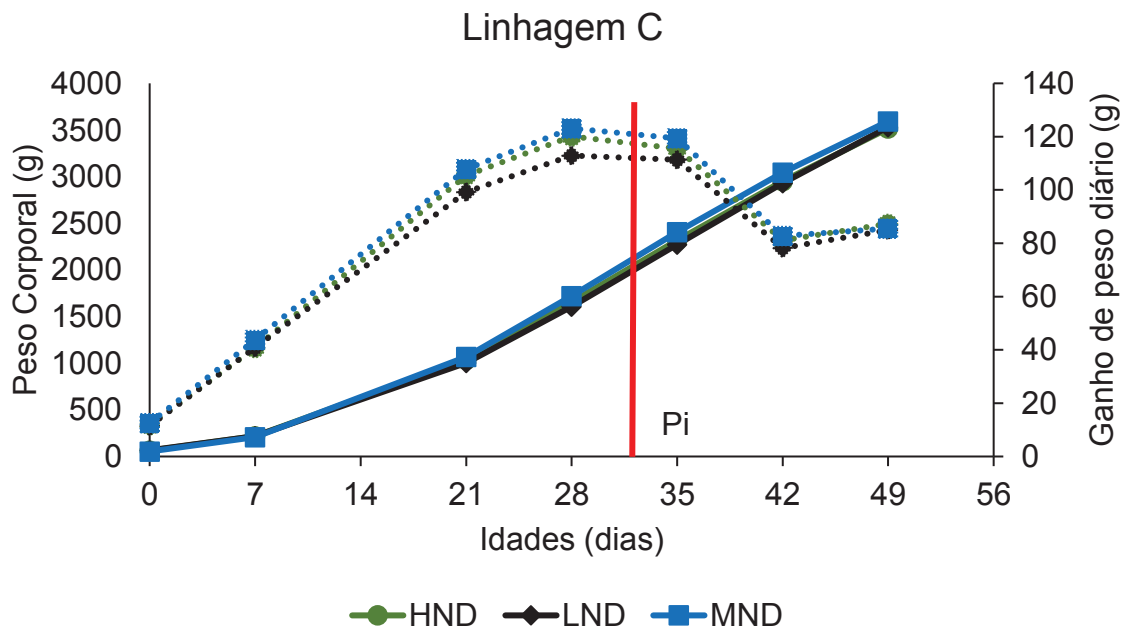
Pi = Ponto de inflexão

FIGURA 2. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \text{EXP}(-N \cdot \text{EXP}(-K \cdot T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM B RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).



Pi = Ponto de inflexão

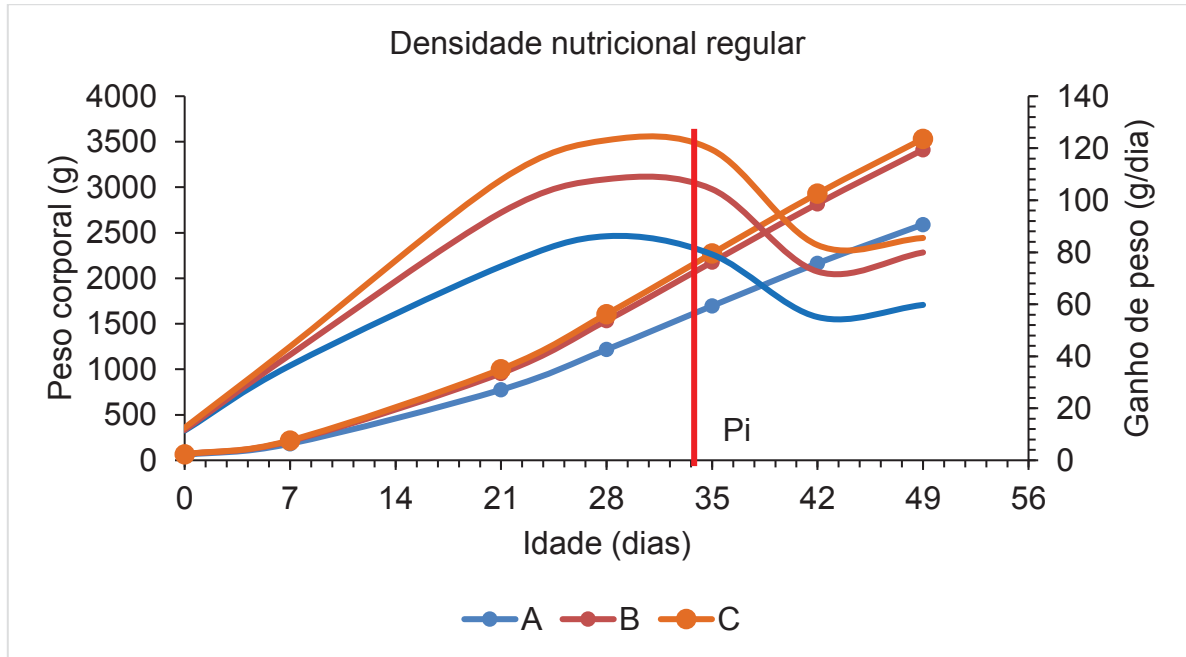
FIGURA 3. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \text{EXP}(-N \cdot \text{EXP}(-K \cdot T))$) PARA PESO VIVO DE FRANGOS DE CORTE DA LINHAGEM C RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (ND) (REGULAR (L), MÉDIA (M) E ALTA (H)).



Pi = Ponto de inflexão

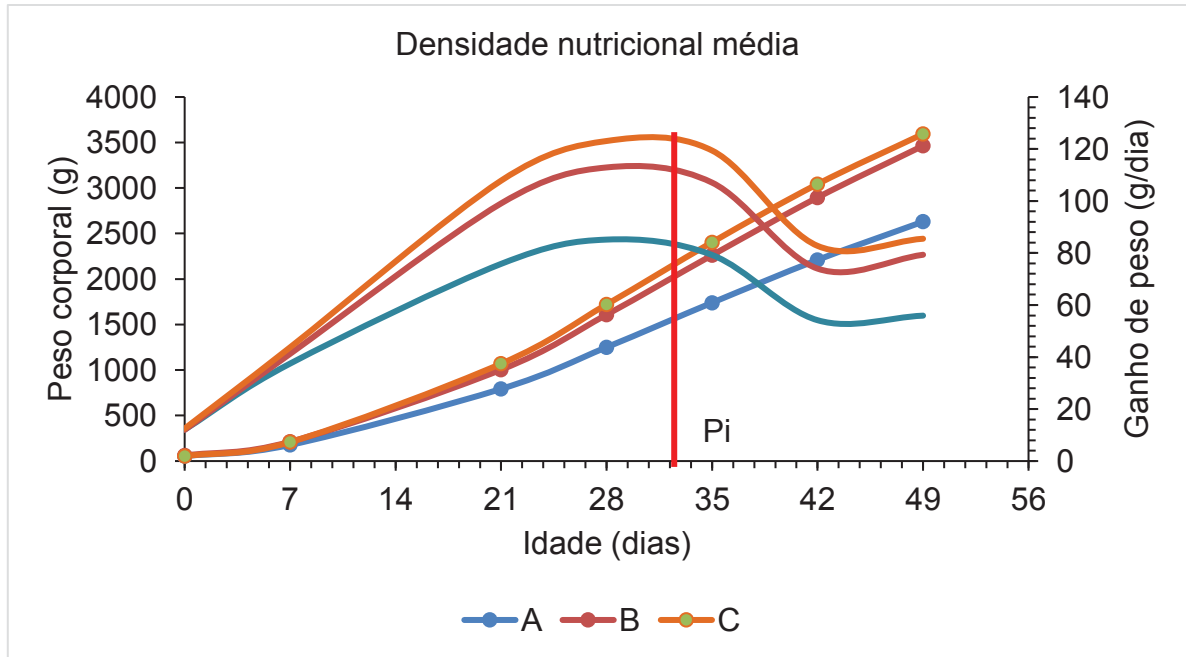
Pi

FIGURA 4. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \text{EXP}(-N \cdot \text{EXP}(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE DENSIDADE NUTRICIONAL REGULAR.



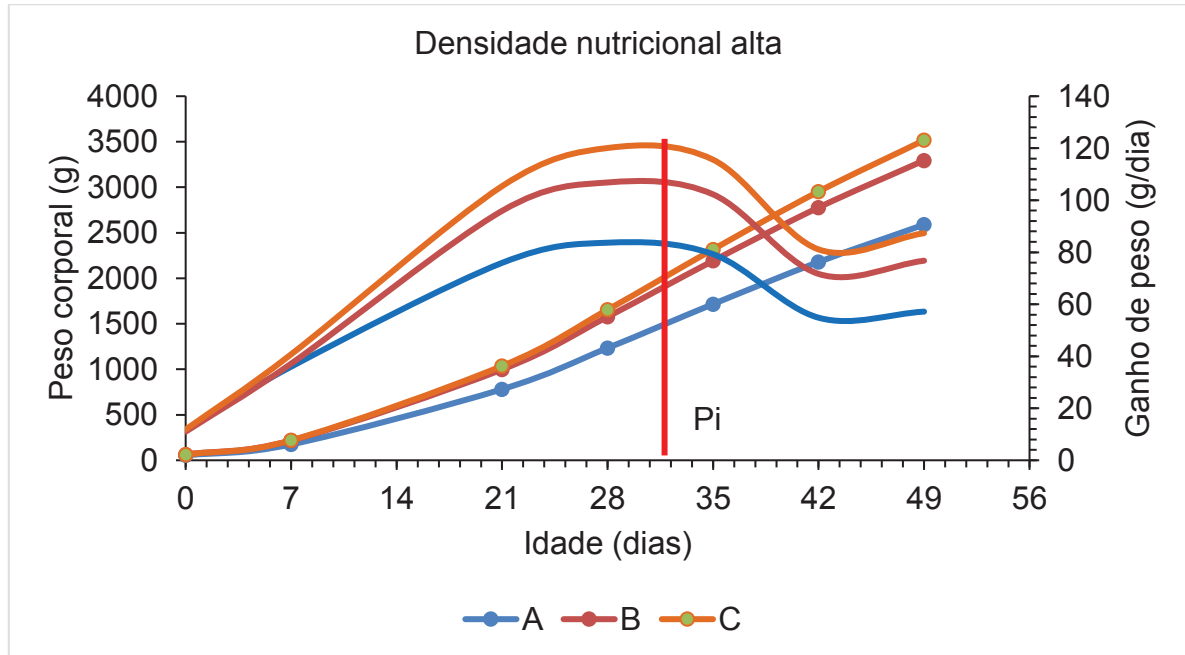
Pi = Ponto de inflexão

FIGURA 5. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = A \cdot \text{EXP}(-B \cdot \text{EXP}(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE DENSIDADE NUTRICIONAL MÉDIA.



Pi = Ponto de inflexão

FIGURA 6. AJUSTES DO MODELO DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ ($Y = W \cdot \text{EXP}(-N \cdot \text{EXP}(-K \cdot T))$) PARA CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS DE FRANGOS DE CORTE (A, B E C) RECEBENDO DIETA DE DENSIDADE NUTRICIONAL ALTA.



Pi = Ponto de inflexão

3.2 AVALIAÇÃO ALOMÉTRICA DOS PARÂMETROS DE TAMANHO DE CORTES DE FRANGOS DE CORTE

Foram realizadas as estimativas alométricas (TABELA 5) para peso de peito e coxa+sobrecoxa em relação ao peso da carcaça. Alometria é utilizada para descrever o desenvolvimento das partes do corpo do animal e sua relação com o peso do corpo.

Não foi observado diferença para os coeficientes “ α ” e “ β ” tanto para ND, linhagem e suas possíveis interações, para as variáveis de peito e coxa+sobrecoxa. Apesar das linhagens, apresentarem diferença em velocidade de ganho de peso, ao avaliarmos as estimativas alométricas, essa diferença não foi observada, mostrando que a linhagem de desempenho moderado (A) e as de alta performance (B e C) tendem a apresentar coeficientes heterogônico positivo ($b > 1$) para o peso de peito, o que indica que o peso do peito apresenta um desenvolvimento tardio em relação ao peso da carcaça, independente da DN fornecida aos animais. Já para o peso da coxa+sobrecoxa, as linhagens tendem a apresentar coeficientes heterogônico negativo ($b < 1$), o que indica que o peso desse corte apresenta um desenvolvimento precoce em relação ao peso da carcaça (FIGURA 7, 8).

FIGURA 7. DESENVOLVIMENTO ALOMÉTRICO DO PEITO EM RELAÇÃO AO PESO DA CARÇAÇA NAS DIFERENTES LINHAGENS DE FRANGO DE CORTE

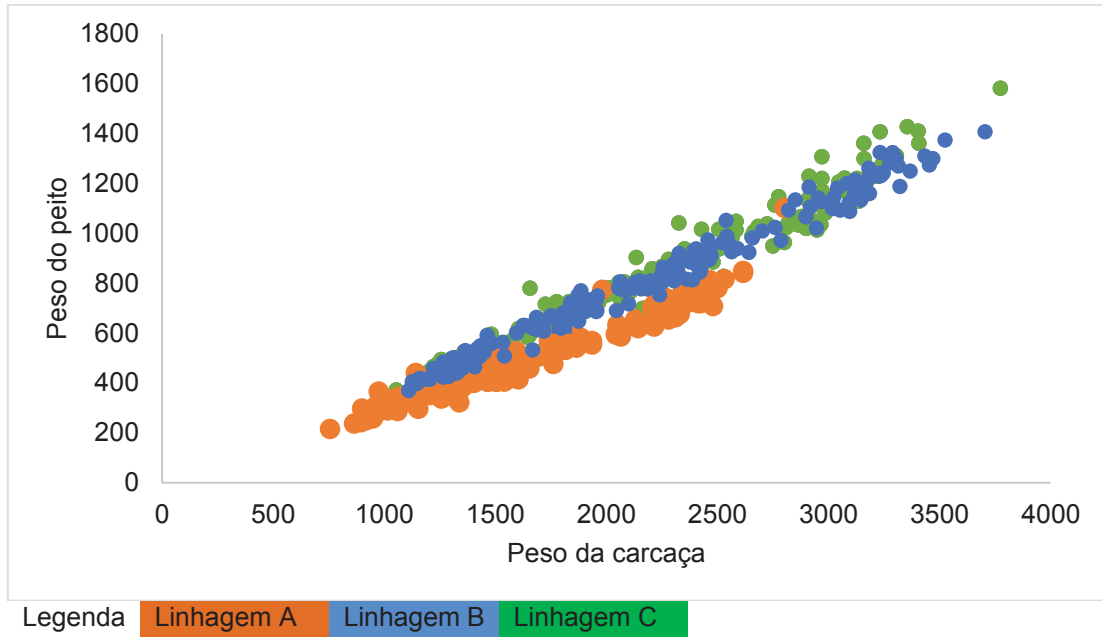


FIGURA 8. DESENVOLVIMENTO ALOMÉTRICO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE EM RELAÇÃO AO PESO DA CARÇAÇA NAS DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (DN)

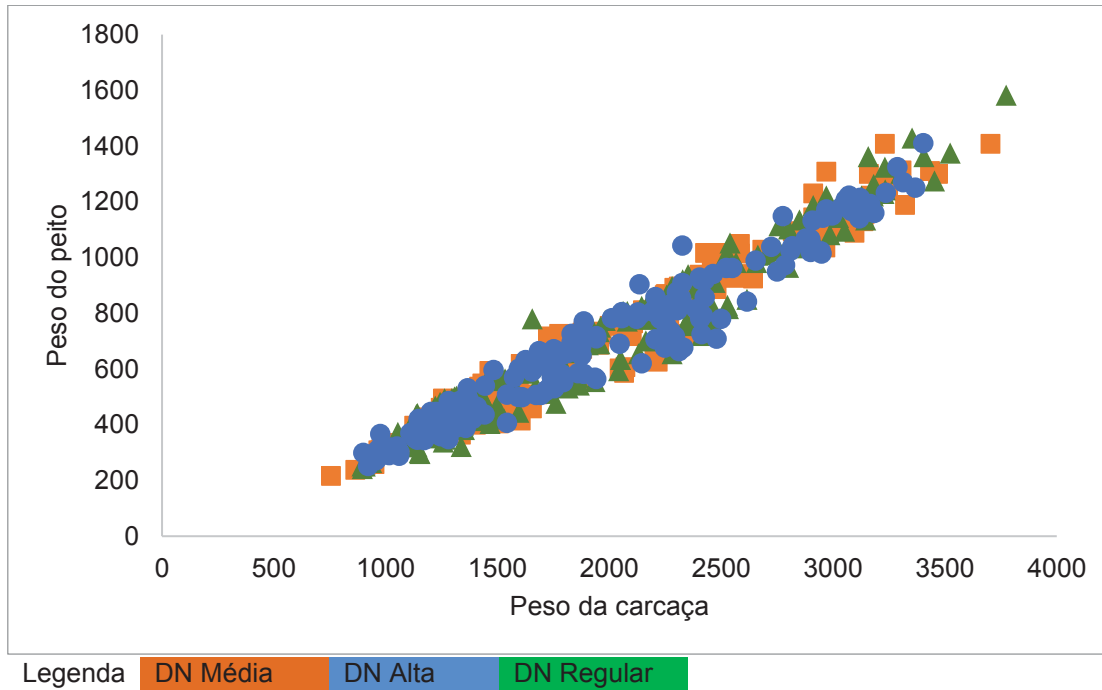


TABELA 3. CONSUMO DE RAÇÃO E GANHO DE PESO DE TRÊS LINHAGENS (LIN) DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (DN) NAS DIFERENTES IDADES

Dias	Linhagem A			Linhagem B			Linhagem C		
	DNR ¹	DNM ²	DNA ³	DNR ¹	DNM ²	DNA ³	DNR ¹	DNM ²	DNA ³
Consumo de ração médio (g)									
1 – 7	163	153	142	174	164	153	175	162	151
1 – 21	1108	1108	1028	1357	1301	1210	1381	1323	1199
1 – 28	2088	2076	1984	2360	2313	2226	2409	2359	2241
1 – 35	2972	2930	2743	3554	3428	3063	3727	3612	3280
1 – 42	3964	3796	3661	4689	4533	4056	4866	4765	4409
1 – 49	4825	4611	4432	5722	5489	5028	5960	5854	5467
Peso Corporal (g)									
Inicial	41	41	40	42	42	42	42	42	42
7	179	178	175	197	198	192	204	198	197
21	762	777	781	960	999	1011	1006	999	1041
28	1268	1283	1250	1568	1650	1608	1631	1650	1691
35	1674	1753	1714	2177	2259	2198	2298	2259	2322
42	2133	2156	2157	2767	2840	2702	2850	2840	2882
49	2613	2657	2600	3442	3496	3338	3573	3496	3556

¹ DNR – Densidade nutricional regular; ²DNM – Densidade nutricional média; ³DNA – Densidade nutricional alta (ROSTAGNO et al., 2011).

TABELA 4. EFEITOS PRINCIPAIS DAS ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS PELA CURVA DE GOMPERTZ ($Y=W*EXP(-N*EXP(-K*T))$), PONTO DE INFLEXÃO (PI) E A TAXA MÁXIMA DE CRESCIMENTO (TMC) E CONSUMO DE RAÇÃO (TMCR) RELACIONADO AO PESO VIVO E CONSUMO DE RAÇÃO DE LINHAGENS (LIN)* DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS (DN)**.

Parâmetros	Peso Corporal					Consumo de ração					R ^{2%} ⁵	
	w ¹ (g)	n ³	k ⁴	Pi	TMC	R ^{2%} ⁵	w ² (g)	n ³	k ⁴	Pi		TMCR
ND												
R	5387 a	4,44	0,044 b	34 a	102 b	99	8720 a	5,66	0,052	34	164 c	99
M	5062 b	4,50	0,047 a	32 b	107 a	99	8183 b	5,74	0,053	33	158 b	99
A	4921 b	4,43	0,047 a	32 b	103 ab	99	7869 b	5,62	0,052	34	145 a	99
Lin												
A	4204 e	4,36 e	0,045	32	85 f	99	7044 f	5,62	0,053	32 e	134 f	99
B	5544 d	4,47 d	0,045	33	109 e	99	8488 e	5,62	0,052	33 de	159 e	99
C	5622 d	4,54 d	0,047	32	119 d	99	9241 d	5,77	0,051	34 d	174 d	99
SEM	81	0,03	<0,01	0,36	0,81	-	126	0,05	<0,01	0,30	1,59	-
P- value												
DN	<0,001	0,162	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	0,244	0,072	0,118	<0,001	-
Lin	<0,001	<0,001	0,107	0,315	<0,001	-	<0,001	0,056	0,049	0,000	<0,001	-
DN x Lin	0,119	0,236	0,255	0,149	<0,001	-	0,551	0,209	0,812	0,592	0,019	-

*DN – R=regular; M= média e A= alta. **Lin - Linhagem A foi caracterizada com desempenho moderado; Linhagem B e C foram caracterizadas de alto desempenho.

a, b – Para efeito de DN, médias seguidas de letras (a,b) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

d, e – Para efeito de Lin, médias seguidas de letras (d, e) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

¹w=peso corporal; ²w=consumo de ração à idade adulta; ³n= constante de integração; ⁴k= taxa de maturidade; ⁵R² = Coeficiente de determinação;

4 DISCUSSÃO

4.1 CURVAS DE CRESCIMENTO DE GOMPERTZ

Apesar da variedade de modelos existentes para o cálculo das curvas de crescimento, foi observado que o modelo de Gompertz encontrava-se entre os melhores modelos selecionados e um dos mais recomendados pela literatura para estimar o crescimento de frangos de corte de alto desempenho (NARINÇ; ÖKSÜZ NARINÇ; AYGÜN, 2017; VELOSO et al., 2016; ZUIDHOF et al., 2014; FREITAS, 2005; HANCOCK et al., 1995; KNÍŽETOVÁ et al., 1985, 1991). A comparação das características estimadas fornece o potencial de crescimento dos frangos de corte, podendo ser combinadas com outras informações para cálculo das necessidades nutricionais (SAKOMURA et al., 2004).

Normalmente, o CR não apresenta comportamento assintótico (comportamento que pode ser observado em uma função, que não tende ao infinito) (HENN, 2013), porém os dados das curvas de crescimento apresentaram um ajuste confiável ($R^2 > 99\%$) e assim foi mantido esta característica nas análises. Entretanto, o coeficiente de determinação na avaliação dos ajuste de modelos não lineares devem ser utilizados com cautela, uma vez que a soma dos resíduos não é igual a zero, sendo em alguns casos a necessidade de utilizar outros critérios de informações para verificar o ajuste dos modelos, como AIC e BIC (THORNLEY; FRANCE, 2007).

Um importante indicativo econômico é o P_i , este parâmetro mostra a aceleração da taxa de crescimento, ou o ponto em que ocorre a desaceleração do crescimento do animal, mudando a curva de côncava para convexa, pois o crescimento animal segue um padrão sigmoide (THORNLEY; FRANCE, 2007). Portanto, o dia no qual a taxa de crescimento é máxima pode ser utilizado como uma previsão do dia de abate da ave, sendo que este ponto varia de acordo com os valores dos parâmetros em cada modelo de crescimento utilizado. Neste estudo, as linhagens não apresentaram diferença no P_i , porém, aves alimentadas com DNR apresentam taxa de crescimento máxima tardia (34 dias), quando comparados as DNM e DNA, além de apresentaram uma velocidade de crescimento menor (k). Zuidhof et al. (2014), comparando diferentes genótipos, observaram diferença de 13 dias P_i entre as linhagens de 2005 e 1957.

Alguns estudos mostram que é comum que exista uma correlação entre os parâmetros estimados dos modelos de crescimento, sendo o P_i altamente influenciado pelo valor constante da taxa de crescimento (k) e do peso da ave na idade adulta (w) (AGGREY et al., 2010; DEMUNER et al., 2017; ZUIDHOF et al., 2014).

Em estudo, Demuner et al. (2017) não observaram diferença para o peso corporal no parâmetro “ w ” (peso corporal na idade adulta) entre as linhagens Ross 308, Cobb 500 e Hubbarb Flex de macho. Porém, Zuidhof et al. (2014) trabalhando com linhagens de diferentes graus de seleção, observaram uma diferença de mais de 4000 g no peso corporal a idade adulta entre linhagens de 1957 e 2005. Sendo estes resultados semelhantes aos nossos, que ao compararmos linhagens de crescimento moderado (A) e de crescimento superior (B e C), foi observado uma diferença no parâmetro “ w ” de mais de 1300 g para as linhagens B e C.

Semelhante aos nossos achados, Demuner et al. (2017) observaram diferença para o parâmetro “ w ” para consumo de ração, observando que frangos de corte machos de linhagens comerciais (Ross 308 e Hubbard) apresentaram um consumo superior de 200 g à maturidade em relação à linhagem Cobb 500. Em nosso trabalho, a diferença entre linhagens de desempenho superior foi de 600 g e a diferença para a linhagem de desempenho moderado foi de 1400 g.

4.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE RENDIMENTO DE CORTES

A alometria é utilizada para descrever o desenvolvimento morfológico das espécies, e tem como base a relação entre o tamanho do “animal”, e o tamanho de qualquer parte do corpo do “animal” (SHMIDT-NIELSEN, 1984). No caso de frangos de corte pode ser utilizado o componente físico ou químico do corpo, como variável dependente e o peso corporal da ave como variável independente (DEMUNER et al., 2017).

Apesar de trabalharmos com diferentes genótipos de frangos de corte e diferentes densidades nutricionais, as linhagens apresentaram um crescimento alométrico semelhante para os cortes em relação ao peso corporal da carcaça. Diferente ao nossos achados, Zuidhof et al. (2014) trabalhando com linhagens de 1957 e 2005, observaram aos 42 dias de idade que linhagens de 2005

apresentavam um desenvolvimento do *Pectoralis minor* 30% maior que as linhagens de 1957, mostrando um resultado efetivo causado pelo melhoramento genético dos frangos.

Esta diferença com os nossos achados pode ser explicado pelo fato das linhagens, apesar de visualmente mostrarem diferença no desenvolvimento da carcaça (linhagem de crescimento moderado vs linhagens de crescimento superior), quando essa característica foi padronizada em relação ao tamanho da carcaça, essa diferença não foi mais observada.

5 CONCLUSÃO

Frangos de corte alimentados com dietas de densidade nutricional regular, apresentam velocidade de maturidade reduzida e ponto de inflexão tardio nas curvas de crescimento.

Linhagens de desempenho moderado (A) apresentam menor peso corporal e consumo de ração na idade adulta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, A. Y. et al. Growth Performance, Carcass and Meat quality Characteristics of Different Commercial Crosses of broiler Strains of Chicken. **The Journal of Poultry Science**, v. 47, p. 13–21, 2010.
- AGGREY, S. E. et al. Genetic properties of feed efficiency parameters in meat-type chickens. **Genetics Selection Evolution**, v. 42, n. 1, 2010.
- ASSUNÇÃO, A. S. DE A.; GARCIA, R. G. Caracterização do músculo pectoralis major de frangos de corte com a miopatia wooden breast. p. 83, 2019.
- DEMUNER, L. F. et al. Adjustment of growth models in broiler chickens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1241–1252, 2017.
- FANATICO, A. C. et al. Meat Quality of Slow- and Fast-Growing Chicken Genotypes Fed Low-Nutrient or Standard Diets and Raised Indoors or with Outdoor Access. **Poultry Science**, v. 86, n. 10, p. 2245–2255, 2007.
- FREITAS, A. R. DE. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 786–795, 2005.
- GOUS, R. M. et al. **Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers** Poultry Science Poultry Science Association, 1999.
- HANCOCK, C. E. et al. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 36, n. 2, p. 247–264, 1995.
- HENN, J. D. Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte. **Tese de doutorado**, p. 1–186, 2013.
- HUXLEY, J.S. Problems of relative growth. London :Methuen, 276p, 1932.
- KNÍŽETOVÁ, H. et al. Growth curves of chickens with different type of performance. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 102, n. 1–5, p. 256–270, 1985.
- KNÍŽETOVÁ, H. et al. Analysis Of Growth Curves Of Fowl. I. Chickens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 5, p. 1027–1038, 1991.
- LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry science**, v. 78, n. 6, p. 822–826, 1999.
- THORNLEY, J. H. M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture: Quantitative Methods for the plant, animal and ecological sciences**. 2th ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2007.

NARINÇ, D.; ÖKSÜZ NARINÇ, N.; AYGÜN, A. Growth curve analyses in poultry science. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 2, p. 395–408, 2017.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, p. 252, 2011.

SAKOMURA, N. K. et al. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6 SUPPL. 1, p. 1758–1767, 2004.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Planejamento dos experimentos com monogástricos. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**, p. 2–17, 2016.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Scaling: Why is animal size so important? **Cambridge University Press**, p.1 - 32, 1984.

SILVA, M. D. A. E. Evolução do melhoramento genético de aves no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 437–445, 2009.

VELOSO, R. DE C. et al. Genetic divergence between genotypes for male and female broilers. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 554–559, 2016.

VENTURINI, G. C. et al. Genetic and phenotypic parameters of carcass and organ traits of broiler chickens. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10294–10300, 2014.

ZEREHDARAN, S. et al. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. **Poultry science**, v. 83, n. 4, p. 521–525, 2004.

ZUIDHOF, M. J. et al. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 20051. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014.

CAPÍTULO III - *WHITE STRIPING*, *WOODEN BREAST* E COMPOSIÇÃO DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS LINHAGENS GENÉTICAS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONAIS

RESUMO

O aumento na incidência de miopatias e/ou variações na composição de carcaça, provocam alterações visuais na carcaça do frango, levando a sua condenação na linha de abate, ou posteriormente a rejeição do produto pelo consumidor, e, conseqüentemente, a perdas econômicas. Assim, o objetivo foi avaliar a incidência de *white striping* (WS) e *wooden breast* (WB) e a composição de carcaça de três diferentes linhagens genéticas de frangos de corte recebendo três diferentes densidades nutricionais. Foram utilizados 3240 frangos de corte, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, avaliando três linhagens genéticas (A - crescimento moderado, B e C - crescimento acelerado) e três densidades nutricionais (DN) regular (DNR), média (DNM) e alta (DNA). Os animais receberam água e ração peletizada *ad libitum*. Aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade, 16 animais por tratamento foram abatidos para então realizar análise de WS, WB e composição de carcaça. Os dados de WS e WB foram submetidos à análise de regressão logística ordinal. Os dados de composição de carcaça foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As menores incidências de WS e WB foram obtidas com linhagem A, independente da dieta recebida, em comparação as outras linhagens ($P < 0,05$). Para composição de carcaça houve efeito de interação aos 49 dias de idade para umidade, proteína, gordura e colágeno ($P < 0,05$). Aos 28, 35 e 42 dias de idade os animais que receberam dieta de DNA apresentaram maior teor de umidade e proteína, e menor teor de gordura. Em relação a genética, a linhagem A apresentou menor teor de umidade e proteína, e maior teor de gordura na carcaça. As genéticas de frango de corte com crescimento rápido são mais suscetíveis a desenvolver miopatias do peito. Dietas com alta densidade nutricional resultam em carcaça com maior teor de proteína. Linhagens de crescimento rápido possuem em sua composição maior teor de umidade e proteína, e menor teor de gordura na carcaça.

Palavras-chaves: Alterações musculares. Gordura. Linhagens. Miopatias. Pectoralis.

ABSTRACT

The increase in the incidence of myopathies and/or variations in the carcass composition, causes visual changes in the chicken carcass, leading to its condemnation in the slaughter line, or rejection of the product by the consumer, and, consequently, leading to economic losses. Thus, the objective was to evaluate the incidence of white striping (WS) and wooden breast (WB) and the carcass composition of three different strains of broilers receiving three different nutritional densities. In total 3240 broilers were used and distributed in a completely randomized design, in a 3 x 3 factorial design, evaluating three strains (A - moderate growth, B and C - accelerated growth) and three nutritional densities (ND), low (LMD), medium (MND) and high (HND). The animals received water and pelleted feed ad libitum. At 28, 35, 42 and 49 d of age, 16 animals per treatment were slaughtered for analysis of WS, WB and carcass composition. WS and WB data were submitted to ordinal logistic regression analysis. The carcass composition data were submitted to ANOVA and the averages compared by Tukey test at 5%. The lowest incidence of WS and WB were obtained with strain A, regardless of the diet received, in comparison to the other strains ($P < 0.05$). For carcass composition, there was an interaction effect at 49 d of age for moisture, protein, fat and collagen ($P < 0.05$). At 28, 35 and 42 d of age the animals that received an HND diet had a higher moisture and protein content, and lower fat content. Regarding genetics, strain A had lower moisture and protein content and higher fat content in the carcass. The fast-growing broiler genetics are more susceptible to developing breast myopathies. Diets with high nutritional density result in a carcass with a higher protein content. Fast-growing strains have higher moisture and protein content, and lower fat content in the carcass.

Keywords: Fat. Muscle changes. Myopathies. Pectoralis. Strains.

1 INTRODUÇÃO

A evolução do desempenho de frangos de corte tem sido acentuada nas últimas décadas pelos programas de melhoramento genético, especialmente com surgimento de novas linhagens, com requerimentos nutricionais diferenciados.

A melhora no desempenho dos frangos de corte, alcançada pela seleção genética e nutrição, influenciou no aparecimento de alterações musculares. As miopatias, então denominadas *white striping* (WS) e *wooden breast* (WB), estão presentes no músculo do peito, e acabam interferindo nas características visuais e organolépticas. A WS caracteriza-se por estrias brancas paralelas à fibra muscular devido a degeneração das fibras com infiltração de gordura (lipidose) e tecidos conjuntivos (fibrose), afetando principalmente a região cranial do músculo *Pectoralis major* (KUTTAPPAN et al., 2012a), mas também pode ser encontrada em músculo da coxa e sobrecoxa. A miopatia WB é caracterizada por áreas pálidas e com rigidez aumentada, sendo esta desordem restrita ao músculo do peito (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014).

Apesar dos diversos estudos realizados sobre WS e WB nos últimos anos, a etiologia ainda não foi consolidada. Algumas possíveis causas encontradas das alterações miopáticas em frangos são hipóxia, estresse oxidativo (MUTRYN et al., 2015) e a baixa capacidade em armazenar e/ou utilizar carboidratos como fonte de energia (KUTTAPPAN et al., 2017a; ZAMBONELLI et al., 2016). Além disso, elas aparentam sempre estar associadas ao peso corporal e ao maior desenvolvimento dos filés de peito dos frangos de corte (KUTTAPPAN et al., 2012c, 2013b; MUDALAL et al., 2015; PETRACCI et al., 2015; SOGLIA et al., 2016b). Contudo, poucos estudos avaliam a incidência de miopatias peitorais comparando a densidade nutricional da dieta e diferentes linhagens genéticas.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência de miopatias (*white striping* e *wooden breast*) e a composição de carcaça de três linhagens genéticas de frangos de corte alimentados com três dietas de diferentes densidades nutricionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR, sob nº 116/2016.

2.1 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Foram alojados 3240 frangos de corte machos, de um a 49 dias de idade, provenientes de três linhagens comerciais, sendo uma de crescimento moderado (linhagem A) e duas com alta performance e líderes de mercado (linhagens B e C). Os animais foram mantidos em boxes de 1,65m de comprimento e 1,25m de largura, com densidade de 15 aves/m² sobre cama de maravalha de pinus nova com 15 cm de altura, equipados com bebedouros *nipple* e comedouros tubulares.

2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS E DELINEAMENTO

As dietas fornecidas foram à base de milho e farelo de soja, na forma peletizada/triturada (até 21 dias de idade) e peletizada (22 a 49 dias de idade). Foram formuladas três dietas, visando densidade nutricional regular (DNR), média (DNM) e alta (DNA) conforme as recomendação das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011), como apresentado na TABELA 1 e 2.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 X 3 (três linhagens comerciais e três densidades nutricionais), com 16 repetições cada de 1 a 49 dias de idade.

2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

Para análise de incidência de miopatias no peito e composição de carcaça dos frangos, foram utilizados 16 animais/tratamento aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade. As aves de cada tratamento foram selecionadas de forma aleatória e submetidas a jejum alimentar de seis horas antes do abate, com acesso a água.

TABELA 1. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS¹.

Ingredientes (%)	Pré inicial - 1 a 7 dias			Inicial - 8 a 21 dias		
	Regular	Média	Alta	Regular	Média	Alta
Milho	57,07	46,57	36,03	62,95	54,65	44,56
Farelo de Soja	38,08	44,86	51,64	32,02	37,94	44,30
Óleo soja	0,13	4,05	7,99	0,00	3,33	7,24
Calcario	0,97	0,97	0,971	0,98	0,98	0,98
Fosfato	1,84	1,78	1,73	1,47	1,42	1,36
Sal	0,53	0,53	0,53	0,50	0,51	0,51
DL-Metionina	0,24	0,29	0,34	0,20	0,24	0,29
L-Lisina	0,19	0,16	0,14	0,20	0,19	0,16
L-Treonina	0,08	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Caulin	0,10	0,10	0,10	0,89	0,10	0,10
Seq Toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Vitamin.	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10
Micromin.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Carbonato K	0,33	0,17	0,00	0,30	0,15	0,00
Nutriente (%)						
Proteína Bruta	25,90	25,97	26,22	23,14	23,21	23,74
Cálcio	0,92	0,92	0,92	0,82	0,82	0,82
Fósforo disponível	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39
Sódio	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Potássio	1,05	1,05	1,05	0,94	0,94	0,94
Cloro	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35
Lisina digestível (dig)	1,32	1,33	1,44	1,15	1,17	1,29
Metionina + Cisteína dig	0,85	0,94	1,04	0,76	0,84	0,93
Metionina dig	0,48	0,58	0,68	0,42	0,50	0,59
Treonina dig	0,86	0,86	0,94	0,77	0,77	0,84
EM ² kcal/kg	2803	2950	3098	2850	3000	3150

¹Densidades nutricionais seguiram as recomendações das Tabelas brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011). ² Energia metabolizável.

TABELA 2. PERFIL NUTRICIONAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS COM TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS¹.

Ingredientes (%)	Crescimento - 22 a 35 dias			Final - 36 a 49 dias		
	Regular	Média	Alta	Regular	Média	Alta
Milho	66,95	57,69	48,42	70,19	61,30	52,01
Farelo de Soja	28,82	34,38	39,94	26,07	31,24	36,80
Óleo soja	0,40	4,25	8,10	0,42	4,26	8,15
Calcario	0,92	0,92	0,91	0,78	0,78	0,78
Fosfato	1,23	1,19	1,14	0,93	0,89	0,85
Sal	0,48	0,48	0,48	0,45	0,45	0,46
DL-Metionina	0,18	0,22	0,27	0,15	0,20	0,23
L-Lisina	0,19	0,18	0,16	0,20	0,18	0,15
L-Treonina	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Caulin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Seq Toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Vitamin.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Micromin.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Carbonato K	0,26	0,13	0,00	0,25	0,12	0,00
Nutriente (%)						
Proteína Bruta	21,40	21,49	21,74	20,15	20,24	20,53
Cálcio	0,73	0,73	0,73	0,60	0,60	0,60
Fósforo disponível	0,34	0,34	0,34	0,28	0,28	0,28
Sódio	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19
Potássio	0,87	0,87	0,87	0,82	0,82	0,82
Cloro	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível (dig)	1,04	1,08	1,19	0,97	1,01	1,11
Metionina + Cisteína dig	0,71	0,79	0,87	0,67	0,74	0,81
Metionina dig	0,39	0,47	0,55	0,36	0,43	0,51
Treonina dig	0,71	0,71	0,77	0,67	0,67	0,72
EM ² kcal/kg	2945	3100	3255	2992	3150	3307

¹Densidades nutricionais seguiram as recomendações das Tabelas brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011). ² Energia metabolizável.

As aves foram insensibilizadas por deslocamento cervical, seguido de sangria por meio do corte das artérias carótidas e veias jugulares. Os animais foram escaldados (60 °C), depenados e eviscerados, e as vísceras foram lavadas e deixadas junto com a carcaça. As carcaças foram resfriadas durante 60 minutos à 2°C, por imersão em água (*chiller*) e depois deixadas penduradas por três minutos para o processo de gotejamento.

2.3.1 Miopatias

Após o resfriamento e gotejamento, foi realizada a avaliação visual do peito (*Pectoralis major*) para WS e WB, sendo utilizada a metodologia adaptada de Kuttappan et al. (2012a), para determinar a incidência de WS como: escore 0 (normal, sem linhas brancas distintas); escore 1 (moderada, apresentando linhas brancas em paralelo às fibras musculares com menos de 1 mm de espessura); escore 2 (intermediário, apresentando linhas brancas entre 1 a 2 mm de espessura); escore 3 (severo, exibindo linhas brancas em paralelo às fibras musculares e com mais de 2 mm de espessura).

Para WB os peitos foram classificados como: escore 1 (normal, sem qualquer área apresentando dureza ou palidez); escore 2 (moderado, ligeiramente afetada nas áreas craniana e/ ou caudal do peito); escore 3 (intermediário, moderadamente afetados ao longo dos filetes); escore 4 (severo, com hemorragia de superfície e a presença de um exsudato estéril na superfície do músculo) de acordo com método descrito por Sihvo, Immonen e Puolanne (2014).

2.3.2 Composição de carcaça

Após avaliação das miopatias, as carcaças completas foram moídas individualmente por inteiras (carcaça com pés, cabeça e vísceras) e congeladas à -4°C, onde permaneceram até o momento das análises bromatológicas. Para tal, as amostras foram retiradas do freezer para que houvesse descongelamento parcial, seguido de remoagem e preparo em células de vidro para realizar a leitura do material e determinar o percentual de gordura, proteína, umidade e colágeno. Estas análises foram realizadas utilizando o aparelho FoodScan® (FOSS, São Paulo - Brasil), que realiza a medição dos parâmetros pelo método de espectroscopia no infravermelho por transmitância (NIT). Este método permite a análise de forma rápida e precisa, aprovado pela AOAC (2007).

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Na avaliação das variáveis de miopatias de peito (WS e WB) e composição de carcaça, cada animal foi considerado uma unidade experimental, resultando em 16 repetições por tratamento. Os dados de miopatia foram submetidos a análise de regressão logística ordinal, analisando seus fatores e suas possíveis interações e as médias comparadas pelo teste χ^2 . Segundo Meloche et al. (2018), na regressão logística, o valor P χ^2 corresponde ao teste de hipótese para significância geral do modelo. Para a estimativa de probabilidade máxima foi utilizado a significância dos parâmetros *Odds ratio* a 5% de significância. *Odds ratios* representam o aumento proporcional na probabilidade de obter um escore de miopatia de 0 contra um escore de 1 ou 2 (ou a chance de obter um escore de 0 ou 1 contra um escore de 2) para cada linhagem genética.

Os dados de composição de carcaça foram submetidos ao teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias, seguido por teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos, atendendo a essas premissas, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3 RESULTADOS

3.1 INCIDÊNCIA DE *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM FRANGOS DE CORTE

Não foi observado efeito de interação entre os fatores (TABELA 3, $P > 0,05$) em nenhuma das idades avaliadas (28, 35, 42 e 49 dias de idade) para WS e WB. Ao analisar os fatores isoladamente, os resultados evidenciaram diferença significativa entre as linhagens, sendo que a linhagem A apresentou menor incidência de WS em todas as idades avaliadas e WB aos 35, 42 e 49 dias de idade (TABELA 3, $P < 0,05$). Não foi observado diferença para DN.

TABELA 3. PRESENÇA DE *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM TRÊS DIFERENTES LINHAGENS (L) RECEBENDO TRÊS DENSIDADES NUTRICIONAIS (DN) AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE¹.

Idade	DN			L			DN	<i>P-value</i>	
	Regular	Media	Alta	A	B	C		L	DN x L
	<i>White striping</i>								
28	0,652	0,761	0,815	0,446 a	0,880 b	0,902 b	0,7990	<0,0001	0,4013
35	0,630	0,804	0,870	0,322 a	0,947 b	1,022 b	0,0708	<0,0001	0,0728
42	0,574	0,660	0,641	0,196 a	0,902 b	0,771 b	0,9627	<0,0001	0,9456
49	0,792	0,862	0,778	0,266 a	1,120 b	1,053 b	0,3744	<0,0001	0,3084
	<i>Wooden Breast</i>								
28	1,652	1,826	1,935	1,543 a	1,870 b	2,000 b	0,8362	0,0914	0,1755
35	1,891	2,022	1,978	1,244 a	2,404 b	2,217 b	0,2573	<0,0001	0,1450
42	2,043	1,872	1,870	1,283 a	2,413 b	2,083 b	0,8548	<0,0001	0,6837
49	2,688	2,468	2,644	1,660 a	3,000 b	3,149 b	0,2835	<0,0001	0,5555

¹Frangos de corte (30 frangos por box; 108 box; 9 tratamentos, fatorial 3x3) recebendo três DN (regular (R), media (M) e alta (A) (ROSTAGNO et al., 2011)) e três linhagens (A, B e C), Linhagem A foi caracterizada com desempenho moderado; Linhagem B e C foram caracterizadas de desempenho superior. Aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade, 16 aves por tratamento foram eutanasiadas para avaliação por meio de escore de WS (normal = 0; leve = 1; moderado = 2 e severo = 3), adaptado de Kuttappan et al. (2012a) e WB (normal = 1; leve = 2; moderado = 3 e severo = 4), segundo Sihvo; Immonen; Puolanne (2014).

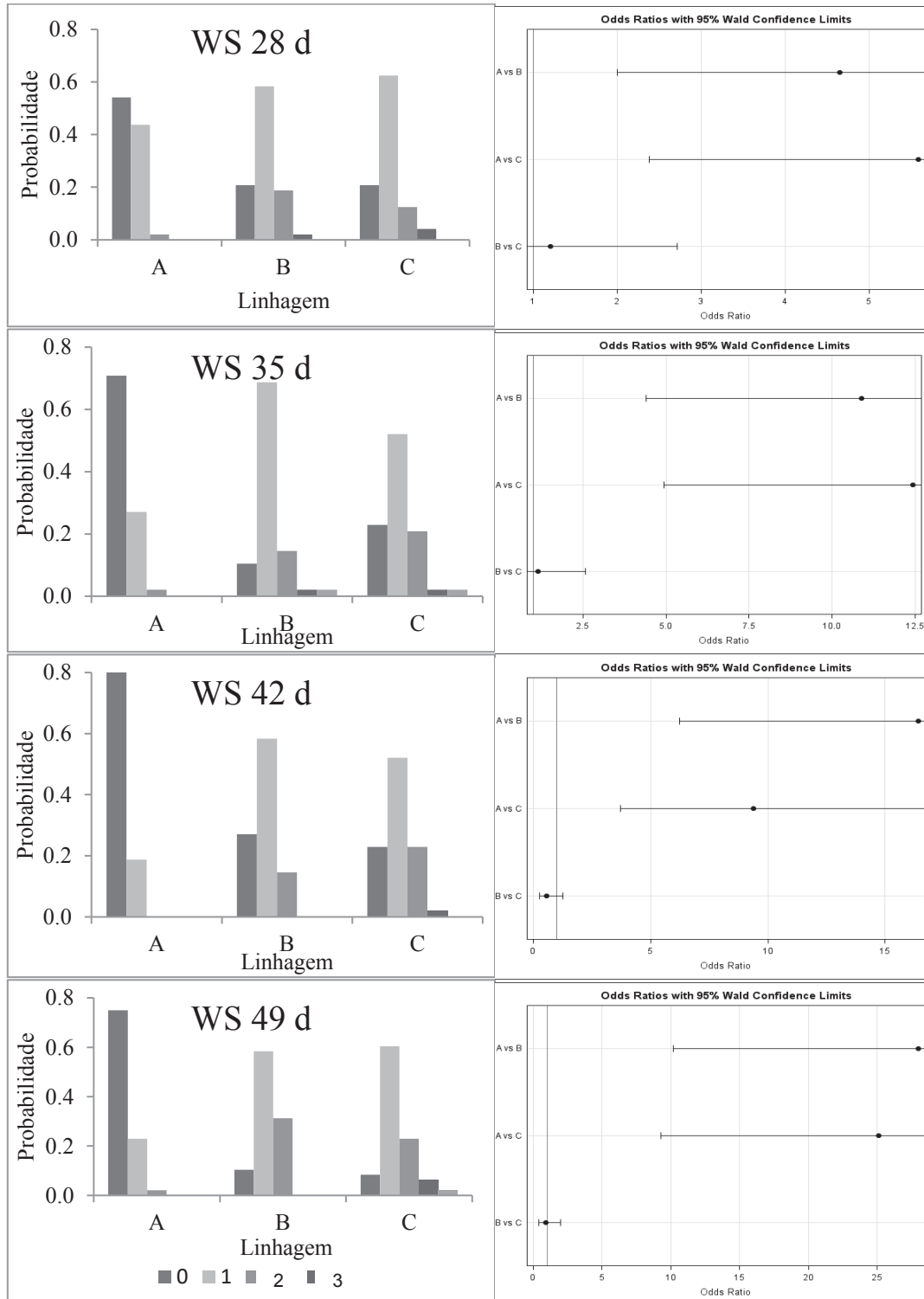
a-c Médias seguidas de letras diferem entre si na linha ($P < 0,05$).

Em cada uma das idades avaliadas, as relações logísticas entre as linhagens genéticas e o grau de miopatia foram observadas ($P < 0,001$) tanto para o WB como para o WS. A relação da incidência é refletida nas *odds ratio* correspondentes para cada modelo logístico (FIGURA 1 e 2).

Aos 28 dias a linhagem A apresentou 4,6 e 5,6 vezes a probabilidade de receber escore menor para WS que a linhagem B e C, respectivamente. Contudo, com o passar da idade essa probabilidade passou para 10,9 e 12,4 aos 35 dias, 16,4 e 9,4 aos 42 dias e 28,0 e 25,1 aos 49 dias de idade, comparado com a linhagem B e C, respectivamente (FIGURA 1).

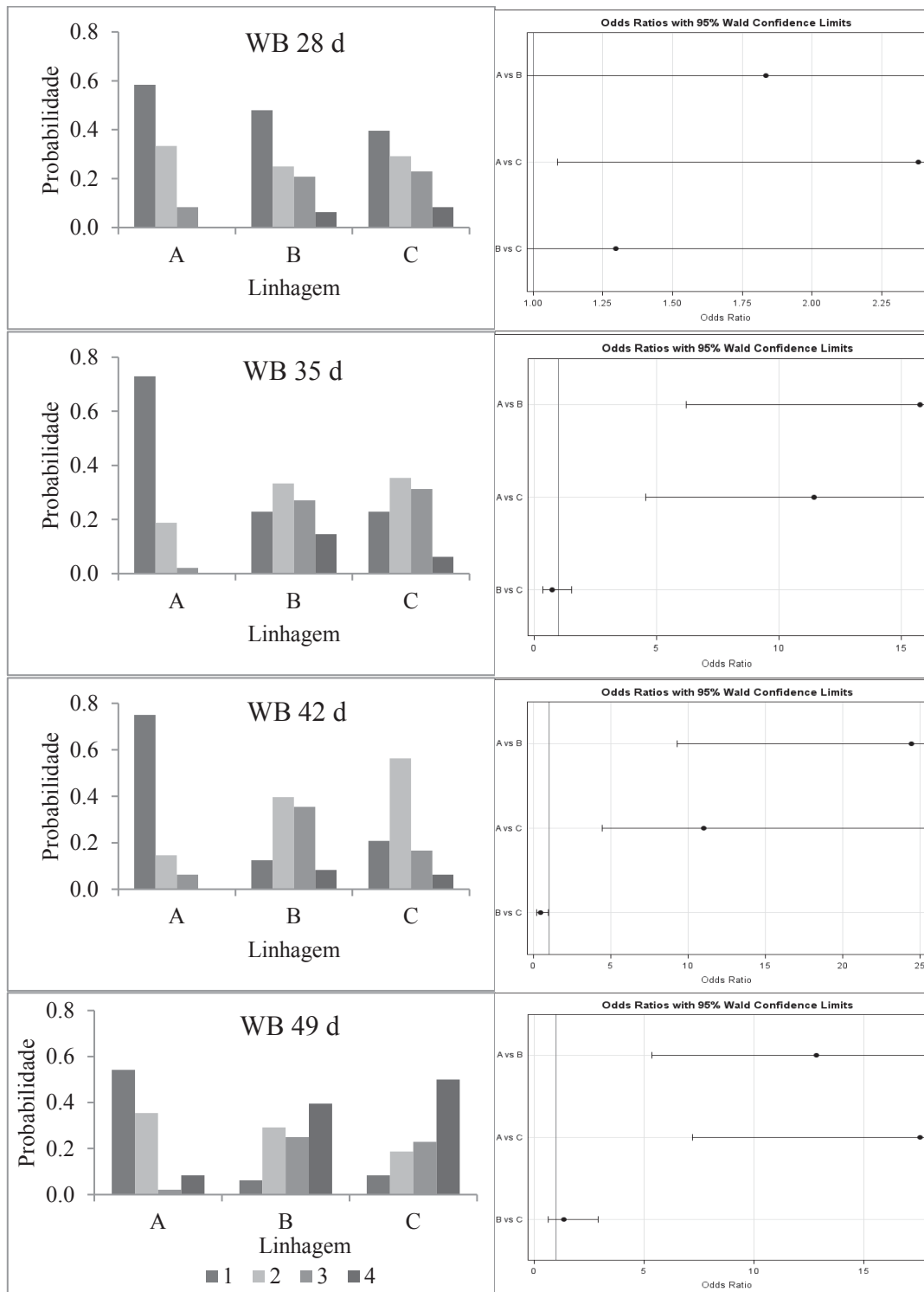
Para WB, a linhagem A, apresentou 15,8 e 11,4 vezes a probabilidade de receber escore menor aos 35 dias de idade que a linhagem B e C, respectivamente. Aos 42 dias a probabilidade passou para 24,4 e 11,0 e aos 49 dias 12,8 e 17,5 vezes, comparando com as linhagem B e C, respectivamente (FIGURA 2).

FIGURA 1. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE WHITE STRIPING (WS) E ODDS RATIO EM TRÊS DIFERENTES LINHAGENS AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE.



¹Frangos de corte (30 frangos por box; 108 boxes; 9 tratamentos, fatorial 3x3) recebendo três DN (regular (R), media (M) e alta (A) (ROSTAGNO et al., 2011)) e três linhagens (A, B e C). Linhagem A foi caracterizada com desempenho moderado; Linhagem B e C foram caracterizadas de alto desempenho. Aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade, 16 aves por tratamento foram eutanasiadas para avaliação de WS por meio de escore (normal = 0; leve = 1; moderado = 2 e severo = 3), adaptado de Kuttappan et al. (2012a). FONTE: O autor.

FIGURA 2. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE WOODEN BREAST (WB) E ODDS RATIO NAS TRÊS LINHAGENS AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE¹.



¹Frangos de corte (30 frangos por box; 108 boxes; 9 tratamentos, fatorial 3x3) recebendo três ND (regular (R), media (M) e alta (A) (ROSTAGNO et al., 2011)) e três linhagens (A, B e C). Linhagem A foi caracterizada com desempenho moderado; Linhagem B e C foram caracterizadas de alto desempenho. Aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade, 16 aves por tratamento foram eutanasiadas para avaliação de WB por meio de escore (normal = 1; leve = 2; moderado = 3 e severo = 4), segundo Sihvo; Immonen; Puolanne (2014).

FONTE: O autor.

3.2 COMPOSIÇÃO DE CARÇAÇA DE FRANGOS DE CORTE

O teor de umidade nas carcaças das aves foi afetado pela DN aos 28, 35 e 42 dias de idade, onde a DNA resultou em carcaças com maior teor de umidade (TABELA 4; $P < 0,001$). Para o fator linhagem, o teor de umidade nas carcaças foi maior para a linhagem C aos 28 dias e B e C aos 35 dias de idade. Aos 49 dias de idade foi observada interação ($P < 0,001$) entre os fatores, assim, ao receberem DNA os animais da linhagem C apresentaram maior teor de umidade na carcaça.

Em relação ao teor de proteína, aos 28 dias foi observado maior teor de proteína nos animais que receberam DNA comparada com DNR. Aos 35 e 42 dias, DNA resultou em carcaças com maior teor de proteína ($P = 0,018$). No que se refere ao fator linhagem, a linhagem B apresentou maior teor de proteína ($P < 0,001$) que a linhagem A, aos 28 dias, desta forma, a linhagem B e C apresentaram maior teor de proteína aos 35 e 42 dias de idade.

A interação DN e linhagem ($P = 0,022$) foi observada apenas aos 49 dias de idade, assim, os animais da linhagem C recebendo DNR e a linhagem B recebendo DNM apresentaram maior teor de proteína em relação a linhagem A, contudo, a linhagem B apresentou maior teor de proteína quando comparada a C e A ao receber DNA. Ao comparar as linhagens nas diferentes DN, a linhagem B apresentou maior teor de proteína quando recebeu DNA, quando comparado a DNR.

No que se refere ao teor de gordura, DNA apresentou carcaças com menor teor de gordura, aos 28, 35 e 42 dias de idade ($P < 0,001$). Da mesma forma, a linhagem C apresentou menor teor de gordura aos 28, 35 e 42 dias de idade ($P < 0,001$). Sendo que, aos 49 dias de idade foi observada interação entre DN e linhagem ($P < 0,001$). Ao comparar as DN com cada linhagem, a linhagem C apresentou menor teor de gordura que a linhagem A, independente da DN recebida. Contudo, ao comparar a linhagem dentro das DN, a linhagem C ao receber DNA apresentou menor teor de gordura quando comparada a DNR e DNM.

No que concerne ao teor de colágeno, o fator DN mostrou que os frangos de corte apresentaram carcaças com maior teor de colágeno ao receberem DNA comparadas a DNM ($P = 0,034$) aos 42 dias de idade. Para o fator linhagem, foi observado que a linhagem C apresentou maior teor de colágeno que a linhagem A aos 35 dias e linhagem A e B aos 42 dias de idade ($P < 0,001$). Foi observado efeito de interação para colágeno aos 28 e 49 dias de idade ($P < 0,001$). As linhagens B e C apresentaram maior

teor de colágeno que a linhagem A, frente a DNR e DNM, aos 28 dias de idade. Entretanto, aos 49 dias de idade, a linhagem B, ao receber DNR apresentou maior teor de colágeno na carcaça em relação a linhagem C, sendo que, a linhagem C teve maior teor de colágeno, quando comparada com as linhagens B e A, ao receberem DNA. Ao comparar a linhagem nas diferentes DN, a linhagem A apresentou maior teor de colágeno quando recebeu DNA em comparação as dietas de DNM e DNR, e a linhagem C recebendo DNA, apresentou maior teor de colágeno comparado a dieta de DNR, aos 28 dias de idade. Já aos 49 dias de idade, a linhagem C apresentou maior teor de colágeno quando recebeu dieta de DNA e DNM.

TABELA 4. TEOR DE UMIDADE, PROTEÍNA, GORDURA E COLÁGENO (%) NA CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE DE TRÊS DIFERENTES LINHAGENS SOB DENSIDADES NUTRICIONAIS (DN) AOS 28, 35, 42 E 49 DIAS DE IDADE¹.

ND	Linhagem	Umidade (%)				Proteína (%)				Gordura (%)				Colágeno (%)			
		28 d	35 d	42 d	49 d	28 d	35 d	42 d	49 d	28 d	35 d	42 d	49 d	28 d	35 d	42 d	49 d
Fator principal																	
DNR		69,85 C	68,68 C	66,04 B	67,26	17,71 B	17,52 C	17,72 C	18,48	12,22 A	12,63 A	13,54 A	13,56	1,23	1,47	1,47 AB	1,34
DNM		71,09 B	69,88 B	68,67 A	67,74	17,81 AB	17,92 B	18,37 B	19,07	10,84 B	11,79 B	12,48 B	12,51	1,44	1,52	1,32 B	1,44
DNA		72,55 A	71,61 A	70,90 A	69,02	18,12 A	18,45 A	18,74 A	19,15	8,99 C	9,73 C	10,21 C	11,62	1,61	1,52	1,51 A	1,38
A		70,52 Y	69,11 Y	67,39	66,59	17,66 Y	17,67 Y	17,89 Y	18,28	11,85 X	12,98 X	14,10 X	14,93	1,22	1,30 Y	1,23 Y	1,28
B		71,04 Y	70,33 X	69,29	67,89	18,04 X	18,03 X	18,50 X	19,45	10,63 Y	10,99 Y	11,66 Y	12,04	1,53	1,59 X	1,37 Y	1,43
C		71,92 X	70,73 X	68,93	69,52	17,94 XY	18,18 X	18,43 X	18,96	9,58 Z	10,18 Z	10,47 Z	10,73	1,53	1,58 X	1,70 X	1,45
Interação*																	
A		69,49	68,19	65,74	66,52	17,49	17,37	17,28	17,86 B	13,56	13,86	15,48	15,02 A	0,88 x A	1,35	1,30	1,27 AB
B		70,00	69,06	67,31	67,04	17,83	17,41	17,99	18,70 y AB	11,84	12,42	13,37	13,33 AB	1,49 B	1,63	1,33	1,60 A
C		70,05	68,78	65,07	68,20 y	17,81	17,77	17,88	18,87 A	11,27	11,61	11,77	12,32 y B	1,31 x B	1,58	1,79	1,15 x B
A		70,20	68,41	66,89	66,81 B	17,64	17,56	17,88	18,65 B	12,06	13,69	14,75	14,29 A	1,14 x A	1,29	1,14	1,36 A
B		70,99	70,27	69,70	67,73 AB	18,06	18,08	18,63	19,54 xy A	10,61	11,06	11,46	11,88 B	1,58 B	1,67	1,28	1,41 A
C		72,07	70,98	69,42	68,67 y A	17,74	18,13	18,58	19,02 AB	9,87	10,62	11,24	11,37 y B	1,60 xy B	1,59	1,54	1,55 y A
A		71,88	70,72	69,55	66,46 C	17,85	18,09	18,52	18,35 B	9,95	11,39	12,07	15,47 A	1,65 y A	1,25	1,25	1,20 B
B		72,13	71,68	70,85	68,90 B	18,24	18,60	18,88	20,10 x A	9,44	9,49	10,17	10,90 B	1,51 A	1,46	1,50	1,29 B
C		73,63	72,44	72,29	71,70 x A	18,27	18,64	18,82	19,00 B	7,60	8,31	8,40	8,48 x C	1,68 y A	1,57	1,78	1,65 y A
EPM ²		0,1482	0,1750	0,4454	0,1951	0,0616	0,0585	0,0755	0,0857	0,1911	0,1894	0,2261	0,2544	0,0342	0,0307	0,0357	0,0295
P DN		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0182	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,3377	0,0348	0,3067
P Linhagem		<0,0001	<0,0001	0,1433	<0,0001	0,0301	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0141
P DN* Linhagem		0,0818	0,1276	0,5094	0,0004	0,8446	0,4318	0,8022	0,0225	0,4317	0,4318	0,3403	0,0009	0,0002	0,8273	0,7548	<0,0001

¹Frangos de corte (30 frangos por box; 108 boxes; 9 tratamentos, fatorial 3x3) recebendo três DN (regular (R), média (M) e alta (A) (ROSTAGNO et al., 2011)) e três linhagens (A, B e C). Linhagem A foi caracterizada com desempenho moderado; Linhagem B e C foram caracterizadas de alto desempenho, Aos 28, 35, 42 e 49 dias de idade, 16 aves por tratamento foram eutanasiadas para avaliação da composição de carcaça, por NIR.

² EPM = Erro padrão da média.

A – C; Médias seguidas de letras diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para densidades nutricionais como fator principal.

X- Z; Médias seguidas de letras diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para linhagens como fator principal.

*Em caso de interação, médias seguidas de letras maiúsculas "A, B e C" diferem entre si para cada nível nutricional da dieta nas três linhagens; e letras minúsculas "x, y e z" diferem entre si para cada linhagem nas três densidades nutricionais pelo teste de Tukey a 5%.

4 DISCUSSÃO

4.1 PREVALÊNCIA DE WHITE STRIPING E WOODEN BREAST

De acordo com os nossos resultados, a incidência de WS e WB está associada à intensificação do melhoramento genético para maior rendimento de peito e com a idade dos frangos de corte e não diretamente relacionada a DN recebida. Podemos observar que, as linhagens B e C, por serem linhagens com maior grau de seleção, apresentaram maior probabilidade de demonstrar algum grau de WS e WB conforme o aumento da idade. Segundo Kuttappan et al. (2012a) e Petracci et al. (2015), aves de linhagens com alto rendimento de peito e mais pesadas ao abate são mais propensas ao aparecimento das lesões, vinculados à taxa de ganho de peso (LORENZI et al., 2014).

Neste estudo, ao avaliar linhagem de crescimento lento (linhagem A) e crescimento rápido (linhagens B e C) nas diferentes idades, observou-se que independente da ND fornecida, os animais da linhagem A apresentaram pouco ou nenhum grau de WS e WB no peito. Corroborando com os achados de Lorenzi et al. (2014), trabalhando com linhagens híbridas de alto e moderado rendimento de peito, observaram que frangos com maior rendimento de peito apresentaram 7% a mais de WS em nível severo. Porém, os resultados vão contra outros trabalhos que demonstram que as miopatias aumentam conforme se aumenta os níveis nutricionais da dieta. De acordo com Kuttappan et al. (2012a), trabalhando com dieta de alto teor de energia (3250 kcal) e baixo teor de energia (3000 kcal), os animais que receberam dieta de alta energia, apresentaram maior peso corporal e maior grau de severidade de WS em peito. Já Cruz et al. (2017), observaram que ao fornecer níveis crescentes de lisina na dieta, os animais apresentaram grau de severidade maior de WS e WB, porém, essas não ligadas aos níveis nutricionais e sim com peso e rendimento de peito.

Segundo Mudalal et al. (2015), a seleção genética para rápido ganho de peso e rendimento de peito é a hipótese com maior suporte e os fatores que apresentam maior influência no aparecimento dessas anormalidades. Corroborando com essa hipótese temos que a linhagem B e C, aos 42 dias, apresentaram 77% e 70% respectivamente dos peitos com WS e WB, em grau moderado a severo, enquanto a linhagem A somente 30%.

Apesar da histologia ainda não estar totalmente esclarecida, a incidência de WS e WB apresentam algumas etiologias similares, sendo que algumas vezes aparecem

juntas no mesmo músculo. Essas miopatias afetam a qualidade da carcaça, a capacidade de retenção de água, além de alto teor de umidade, gordura e colágeno, e baixo teor de proteína (SOGLIA et al., 2016b; TIJARE et al., 2016), sendo que, frangos de corte selecionados para crescimento rápido apresentam mais fibras musculares do que linhagens de crescimento lento, em média 25% superior (RIDPATH et al., 1984). Esse número de fibras musculares está diretamente relacionado a quantidade de colágeno na carcaça, como observado nesse estudo, as linhagens de crescimento rápido apresentaram maior porcentagem de colágeno na carcaça. Chen et al. (2007), comparando três linhagens de frangos (AA, BJB e JXC), observaram que frangos mais pesados, possuíam maior diâmetro de fibras e menor densidade miofibrilar sendo que cada linhagem possuía características diferenciadas nas fibras musculares, como comprimento e número de fibras. Alguns autores (HOVING-BOLINK et al., 2000; MUTRYN et al., 2015; ZAMBONELLI et al., 2016) relatam esse aumento no número e diâmetro das fibras, mostraram que há indícios de uma redução na vascularização quanto na razão entre capilares e fibras musculares em híbridos de frangos selecionados para alta taxa de crescimento e rendimento de peito, podendo esse ser o motivo de degeneração da musculatura e está substituída por tecido adiposo (MUDALAL et al., 2015; TASONIERO et al., 2016). Velleman, Anderson e Coy (2002) observaram que, o melhoramento genético para crescimento promoveu alterações na musculatura peitoral de perus, tais como redução no espaço de endomísio, as quais também podem ser associadas à lesões musculares, como observado na presença de WS e/ou WB nos peitos de frangos de corte.

Segundo Zambonelli et al. (2016), a seleção genética resultou nos músculos um crescimento inadequado dos vasos sanguíneos com o conseqüente comprometimento do suprimento de oxigênio e do deslocamento dos produtos metabólicos residuais das miofibras do peito dos frangos, causado pelo estresse oxidativo. Mutryn et al. (2015) observaram esse mesmo estresse oxidativo causado pelo acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio dentro do tecido muscular pode estar envolvido no início do mecanismo inflamatório. Outro fator que pode influenciar para o aumento da dureza do peito, segundo Velleman e Clark (2015), é o aumento da reticulação (*crosslinking*) do colágeno a partir do aumento da produção de decorina. Decorina é um proteoglicano rico em leucina, localizado na matriz extracelular do músculo esquelético, e exerce função importante na regulação do diâmetro da fibra de colágeno e no crescimento das fibras musculares (PURSLOW, 2014).

Segundo Kuttappan et al. (2012b) e Kuttappan et al. (2013), WS em peitos de frangos afetam a qualidade da carne, pois aves acometidas por nível severo apresentaram maior nível de gordura, maior porcentagem de umidade e colágeno, e menor conteúdo de proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas comparados a peitos normais. Estes mesmos autores observaram que a presença da WS (e o aumento da severidade) afeta negativamente a aceitação dos consumidores quando levam em conta a aparência do produto, tendo como principal razão para rejeição da carne a aparência gordurosa, além das estriações brancas e coloração pálida do peito.

4.2 COMPOSIÇÃO DE CARÇAÇA

Em relação aos nossos resultados para composição de carcaça, observamos que quanto maior a DN utilizada nas dietas maior foi o teor de umidade e proteína na carcaça. De acordo com Boekholt et al. (1994), a deposição de cada 1 grama de PB é acompanhada pela retenção de 2,8 a 2,9 gramas de água, o que explica os resultados encontrados neste trabalho onde as variáveis que apresentaram maior teor de proteína na carcaça de maneira geral também apresentaram maior teor de umidade.

Para gordura, conforme aumentou a DN menor foi o teor encontrado na carcaça, sendo contrário aos achados de Reginatto et al. (2000) e Silva, Albino e Nascimento, (2001) que observaram maior deposição de gordura com aumento do nível de energia metabolizável da dieta. Entretanto Silva, Albino e Nascimento, (2003) descrevem que para cada 1% de aumento na umidade da carcaça, ocorre queda correspondente a 1% na quantidade de lipídeos na mesma, o que também pode ser observado nos resultados deste trabalho. Neste caso, as dietas de maior DN ofertaram maior aporte nutricional para crescimento e expressão genética, resultando em carcaças com menos gordura e mais proteína nas linhagens selecionadas com maior intensidade para deposição de tecido magro.

De acordo com Gaya et al. (2006) a seleção genética para rápido crescimento aumentou a deposição de gordura em frangos de corte, porém esta característica pode ser controlada pela seleção para maior deposição de tecido magro e redução de gordura abdominal. Isto explica o fato das linhagens B e C apresentarem menor teor de gordura e maior de proteína na carcaça, por terem sofrido maior intensidade de seleção para crescimento e deposição de tecido magro, diferentemente da linhagem A.

O maior teor de colágeno observado no aumento da DN e nas linhagens B e C pode estar relacionado com a idade dos animais e a seleção para maior deposição de proteína. O colágeno está presente no tecido conjuntivo, sendo este a principal proteína estrutural do tecido conjuntivo (DAS et al., 2009). Nakamura et al. (2004) descrevem que o maior crescimento muscular, associado à maior teor de proteína corporal, resulta em maior quantidade de colágeno presente nas fibras musculares e isso pode ser explicado pela extensão das ligações entre as moléculas do colágeno que aumenta com a idade (CARVALHO et al., 2013). Dufour et al. (1996), observaram relação direta entre o conteúdo de colágeno e a idade dos animais, sendo que o teor de colágeno aumenta conforme a idade dos animais, linhagem genética, sexo e localização do músculo.

5 CONCLUSÃO

Linhagens selecionadas para maior rendimento de peito (B e C) apresentam maior probabilidade de ocorrência de miopatias (*white striping* e *wooden breast*).

Embora as linhagens de crescimento intenso (B e C) tenham maior incidência de miopatias (*white striping* e *wooden breast*), apresentam carcaças com menor teor de gordura e maior teor de proteína e umidade, independente da densidade nutricional recebida.

Densidade nutricional com energia metabolizável e lisina digestível entre 2800 - 3300 kcal/kg e 0,97 - 1,44 %, respectivamente, não afeta o aparecimento de *white striping* e *wooden breast* na carcaça de frangos de corte de um a 49 dias de idade.

Alta densidade nutricional na dieta garante carcaças com maior teor de proteína, umidade e colágeno, e menor teor de gordura, independente da linhagem de frango de corte utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Official Methods of Analysis. 18th Edition, **Association of Official Analytical chemists**, Gaithersburg, 2007.
- BOEKHOLT, H. A. et al. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 35, n. 4, p. 603–614, 1994.
- CARVALHO, Y. K. et al. Avaliação quantitativa de fibras colágenas no músculo de frango caipira (Label Rouge e Pedrês). **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 123–127, 2013.
- CHEN, X. D. et al. Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, Jingxing 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens. **Meat Science**, v. 77, n. 2, p. 220–227, 2007.
- CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017.
- DAS, C. et al. Collagen content and architecture of the puboischiofemoralis muscle in male chicks and broilers with different growth rates on various nutritional planes. **British Poultry Science**, v. 50, n. 4, p. 424–435, 2009.
- DUFOUR, E. et al. Proteolysis of type III collagen by collagenase and cathepsin B under high hydrostatic pressure. **Meat science**, v. 42, n. 3, p. 261–9, 1996.
- GAYA, L. G. et al. Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 837–843, 2006.
- GOUS, R. M. et al. **Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers** Poultry Science Poultry Science Association, 1999.
- HANCOCK, C. E. et al. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 36, n. 2, p. 247–264, 1995.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, p. 811–819, 2013a.
- 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, 2012a.
- 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, 2012b.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 12, p. 3230–3235, 2012c.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 339–345, 2013b.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Proteomic analysis reveals changes in carbohydrate and protein metabolism associated with broiler breast myopathy. p. 1–8, 2017a.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Research Note 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, 2017b.

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.

MELOCHE, K. J. et al. Effects of quantitative nutrient allocation on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 32, 43, and 50 days of age. **Poultry science**, v. 97, n. 5, p. 1786–1793, 2018.

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.

MUTRYN, M. 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. 1–19, 2015.

NAKAMURA, Y. N. et al. Growth changes of the collagen content and architecture in the pectoralis and iliotibialis lateralis muscles of cockerels. **British Poultry Science**, v. 45, n. 6, p. 753–761, 2004.

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

PURSLOW, P. P. New Developments on the Role of Intramuscular Connective Tissue in Meat Toughness. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 5, p. 133–153, 2014.

REGINATTO, M. et al. Efeito da Energia, Relação Energia: Proteína e Fase de Crescimento Sobre o Desempenho e Composição de Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 3, p. 229–237, 2000.

RIDPATH, J. F. et al. Growth and differentiation of chicken embryo muscle cell cultures derived from fast- and slow-growing lines. Intrinsic differences in growth characteristics and insulin response. **Differentiation**, v. 26, p. 121–126, 1984.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, p. 252, 2011.

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.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, A. H. Níveis de Energia e Relações Energia:Proteína para Frangos de Corte de 22 a 42 dias de Idade. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1791–1800, 2001.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, A. H. Estimativas da composição anatômica da carcaça de frangos de corte com base no nível de proteína da ração e peso da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 32, n. 2, p. 344-352, 2003.

SILVA, M. D. A. E. Evolução do melhoramento genético de aves no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 437–445, 2009.

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.

TASONIERO, G. et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707–2714, 2016.

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

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. 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.

VELLEMAN SG, ANDERSON JW, COY CS, N. K. Effect of selection for growth rate on embryonic breast muscle development in turkeys. **Poultry Science**, v. 81, n. 8, p. 1113–1121, 2002.

ZAMBONELLI, P. 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.

CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avicultura apresenta grande importância econômica no Brasil, por ter uma produção de alta escala, se comparado com outras espécies. O desenvolvimento de linhagens de frangos de corte com alto potencial genético para ganho de peso e conversão alimentar, certamente auxiliou nos resultados expressivos da cadeia produtiva.

Contudo, o melhoramento genético das aves tornou-os mais exigentes nutricionalmente, sendo que cada linhagem possui requerimentos nutricionais específicos, o que implica na expressão do máximo desempenho. Por outro lado, à medida que aumenta a densidade de nutrientes na ração pode se obter melhora no desempenho zootécnico, mas não necessariamente vai resultar em uma melhora no resultado econômico.

A escolha da densidade nutricional a ser utilizada deve estar relacionada ao objetivo final da empresa, como o tempo de abate e a curva de crescimento da linhagem, para assim garantir a melhor viabilidade do produto final.

Em contrapartida, essa pressão em relação ao aumento de produção pode estar associada à ocorrência das miopatias no peito das aves. Apesar das miopatias não possuírem uma etiologia bem definida, a relação com ganho de peso e desenvolvimento de peito é elevada, sendo que a presença dessas alterações musculares é geralmente rejeitada pelo consumidor, acarretando em perdas econômicas para o setor avícola.

Estratégias nutricionais e genéticas devem ser repensadas a fim de buscar um equilíbrio entre desempenho e a diminuição da ocorrência das miopatias de peito. Apesar das miopatias serem de etiologia multifatorial, informações sobre o período e os fatores que afetam a sua ocorrência podem contribuir para um adequado controle na produção com objetivo de reduzir a presença de anormalidades na musculatura das aves.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASHT, B. et al. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–16, 2016.
- ABDULLAH, A. Y. et al. Growth Performance, Carcass and Meat quality Characteristics of Different Commercial Crosses of broiler Strains of Chicken. **The Journal of Poultry Science**, v. 47, p. 13–21, 2010.
- AGGREY, S. E. et al. Genetic properties of feed efficiency parameters in meat-type chickens. **Genetics Selection Evolution**, v. 42, n. 1, 2010.
- AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION. Aminoácidos na nutrição de frangos de corte. p. 12, 2012.
- AOAC - Official Methods of Analysis. 18th Edition, **Association of Official Analytical chemists**, Gaithersburg, 2007.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA O.M.; ARAÚJO C.S.S. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, vol.3, n.2, 2001.
- ARAÚJO, L. F. et al. Diferentes perfis de aminoácidos para frangos de corte no período de 43 a 56 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.387-393, 2002.
- ASSUNÇÃO, A. S. DE A.; GARCIA, R. G. Caracterização do músculo pectoralis major de frangos de corte com a miopatia wooden breast. **Tese de mestrado**. p. 83, 2019.
- BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **Animal**, v. 12, n. 1, p. 164–173, 2018.
- BARBUT, S. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. **World's Poultry Science Journal**, v. 75, n. 4, p. 559–582, 2019.
- BERNAL, L. et al. Digestible Lysine Requirements of Broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 1, p. 49–54, 2014.
- BOEKHOLT, H. A. et al. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 35, n. 4, p. 603–614, 1994.
- CAI, K. et al. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. **Poultry Science**, v. 97, p. 337–346, 2018.
- CARVALHO, Y. K. et al. Avaliação quantitativa de fibras colágenas no músculo de frango caipira (Label Rouge e Pedrês). **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 123–127, 2013.
- CHEN, X. D. et al. Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, Jingxing 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens. **Meat Science**, v. 77, n. 2, p. 220–227, 2007.

- CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017.
- DAS, C. et al. Collagen content and architecture of the puboischiofemoralis muscle in male chicks and broilers with different growth rates on various nutritional planes. **British Poultry Science**, v. 50, n. 4, p. 424–435, 2009.
- DUFOUR, E. et al. Proteolysis of type III collagen by collagenase and cathepsin B under high hydrostatic pressure. **Meat science**, v. 42, n. 3, p. 261–9, 1996.
- DEMUNER, L. F. et al. Adjustment of growth models in broiler chickens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1241–1252, 2017.
- DOZIER, W. A.; KIDD, M. T.; CORZO, A. Dietary amino acid responses of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 1, p. 157–167, 2008.
- DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 743–746, 1999.
- EMMANS, G.C. Growth, body composition, and feed intake. **World's Poultry Science Journal**, v. 43, p. 208–227, 1987.
- FANATICO, A. C. et al. Meat Quality of Slow- and Fast-Growing Chicken Genotypes Fed Low-Nutrient or Standard Diets and Raised Indoors or with Outdoor Access. **Poultry Science**, v. 86, n. 10, p. 2245–2255, 2007.
- FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, p. 131–145, 2002.
- FREITAS, A. R. DE. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 786–795, 2005.
- GARCIA, R. G.; CORREIA, I.; ALMEIDA, L. DE. Avaliação de Desempenho , Rendimento de Carcaça e Qualidade da Carne do Peito em Frangos de Linhagens de Conformação versus Convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1663–1673, 2003.
- GAYA, L. D. G. Estudo genético da deposição de gordura abdominal e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em linhagem macho de frangos de corte. **Tese de mestrado**, p. 1–99, 2003.
- GAYA, L. G. et al. Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 837–843, 2006.
- GOMIDE, E. M. et al. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1769–1774, 2007.

- GOUS, R. M. et al. **Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers** *Poultry Science* Poultry Science Association, 1999.
- GRIMBERGEN, A.H.M. Energy expenditure under productive conditions. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.), Energy requirements of poultry. Edinburgh: **British Poultry Science**. p.61-71, 1974.
- GROOTE, G. DE. Utilisation of metabolizable energy. In Morris, T. R. and Freeman, B.M. (eds) energy Requirements of poultry. **British Poultry Science**. p. 113-133; 1974.
- HANCOCK, C. E. et al. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 36, n. 2, p. 247–264, 1995.
- HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Carcass Composition and Yield of 1991 vs 1957 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets. **Poultry Science**, v. 73, n. 82, p. 1509–1518, 2003.
- HENN, J. D. Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte. **Tese de doutorado**, p. 1–186, 2013.
- HOVING-BOLINK, A. H. et al. Fibre area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. **Meat Science**, v. 56, n. 4, p. 397–402, 2000.
- HUGHES, J. M. et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 520–532, 2014.
- HUXLEY, J.S. Problems of relative growth. London :Methuen, 276p, 1932.
- HUNTON, P. 100 Years of poultry genetics. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 03, p. 417–428, 2006.
- ISMAIL, I.; JOO, S.-T. 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.
- KNÍŽETOVÁ, H. et al. Growth curves of chickens with different type of performance. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 102, n. 1–5, p. 256–270, 12 jan. 1985.
- KNÍŽETOVÁ, H. et al. Analysis Of Growth Curves Of Fowl. I. Chickens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 5, p. 1027–1038, 1991.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, p. 811–819, 2013b.
- 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, 2012a.
- 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, 2012b.

- KUTTAPPAN, V. A. et al. Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 12, p. 3230–3235, 2012c.
- 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. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 339–345, 2013b.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Proteomic analysis reveals changes in carbohydrate and protein metabolism associated with broiler breast myopathy. p. 1–8, 2017.
- LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry science**, v. 78, n. 6, p. 822–826, 1999.
- LECLERCQ, B. Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, v. 77, n. 1, p. 118-123, 1998.
- LEDUR, M. C. et al. O melhoramento genético de aves no Brasil e as contribuições da Embrapa Suínos e Aves. **In: Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 293–316, 2011.**
- LIMA L. M. B. et al. Efeitos dos níveis de energia, lisina e metionina + cistina sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.8, p.1424-1432, 2008.
- LONGO, F. A. et al. Exigencias energeticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 119-126, 2006.
- LOPEZ, G.; LEESON, S. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. **Poultry science**, v. 84, n. 7, p. 1069–1076, 2005.
- LÓPEZ, K. P.; SCHILLING, M. W.; CORZO, A. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. **Poultry Science**, v. 90, n. 5, p. 1105–1111, 2011.
- 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.
- MARTINS, J. M. S. et al. Melhoramento genético de frangos de corte. **Pubvet**, v. 6, n. 18, 2012.
- MASSUQUETTO, A. et al. Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutritional digestibility in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 11, p. 5497-5503, 2019.
- MELOCHE, K. J. et al. Effects of quantitative nutrient allocation on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 32, 43, and 50 days of age. **Poultry science**, v. 97, n. 5, p. 1786–1793, 2018.

- MELO, A. S. et al. Formas físicas de utilização de rações para aves. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.2, p.173-178, 2016.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Definição e classificação de miopatias para fins de aplicação do artigo 175 do decreto 9.013, de 29/03/2017. 2019.
- MOREIRA, J. et al. Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6 SUPPL. 1, p. 1663–1673, 2003.
- 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.
- MUTRYN, M. 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. 1–19, 2015.
- NARINÇ, D.; ÖKSÜZ NARINÇ, N.; AYGÜN, A. Growth curve analyses in poultry science. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 2, p. 395–408, 2 jun. 2017.
- NAKAMURA, Y. N. et al. Growth changes of the collagen content and architecture in the pectoralis and iliotibialis lateralis muscles of cockerels. **British Poultry Science**, v. 45, n. 6, p. 753–761, 2004.
- PETRACCI, M. et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.
- PURSLOW, P. P. New Developments on the Role of Intramuscular Connective Tissue in Meat Toughness. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 5, p. 133–153, 2014.
- REGINATTO, M. et al. Efeito da Energia, Relação Energia: Proteína e Fase de Crescimento Sobre o Desempenho e Composição de Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 3, p. 229–237, 2000.
- RIDPATH, J. F. et al. Growth and differentiation of chicken embryo muscle cell cultures derived from fast- and slow-growing lines. Intrinsic differences in growth characteristics and insulin response. **Differentiation**, v. 26, p. 121–126, 1984.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, p. 252, 2011.
- SAKOMURA, N. K. et al. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6 SUPPL. 1, p. 1758–1767, 2004.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Planejamento dos experimentos com monogástricos. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**, p. 2–17, 2016.

SANCHEZ BRAMBILA, G. et al. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4°C and -20°C. **Poultry Science**, v. 97, p. 441762–1767, 2018.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Scaling: Why is animal size so important? **Cambridge University Press**, p.1 - 32, 1984.

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.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, A. H. Níveis de Energia e Relações Energia:Proteína para Frangos de Corte de 22 a 42 dias de Idade. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1791–1800, 2001.

SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, A. H. Estimativas da composição anatômica da carcaça de frangos de corte com base no nível de proteína da ração e peso da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 32, n. 2, p. 344-352, 2003.

SILVA, M. D. A. E. Evolução do melhoramento genético de aves no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 437–445, 2009.

SOGLIA, F. et al. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 89, p. 1071–1076, 2016.

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, A. A.; WILSON, B. W. Pathology of Turkey Skeletal Muscle: Implications for the Poultry Industry. **Food Structure**, v. 10, n. 4, Article 5, 1991.

SOUZA, E. M.; MICHELAN FILHO, T. Genética avícola. In: MENDES, A. A.; NAAS, I. A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas: **FACTA**, p. 23-35, 2004.

STRINGHINI, J. H. 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, jan. 2003.

TASONIERO, G. et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707–2714, 2016.

TAVÁREZ, M. A.; SOLIS DE LOS SANTOS, F. Impact of genetics and breeding on broiler production performance: a look into the past, present, and future of the industry. **Animal Frontiers**, v. 6, n. 4, p. 37–41, 2016.

THORNLEY, J. H. M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture: Quantitative Methods for the plant, animal and ecological sciences.** 2th ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2007.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2167–2173, 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, 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, n. 3, p. 410–418, 2015.

VELLEMAN SG, ANDERSON JW, COY CS, N. K. Effect of selection for growth rate on embryonic breast muscle development in turkeys. **Poultry Science**, v. 81, n. 8, p. 1113–1121, 2002.

VELOSO, R. DE C. et al. Genetic divergence between genotypes for male and female broilers. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 554–559, 2016.

VENTURINI, G. C. et al. Genetic and phenotypic parameters of carcass and organ traits of broiler chickens. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10294–10300, 2014.

VIANA, C. F. A. et al. Influência de grupos genéticos e de níveis de energia sobre características de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1067–1073, 2000.

VIEIRA, S. L.; MORAN, E. T. Broiler yields using chicks from egg weight extremes and diverse strains. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 7, n. 4, p. 339–346, 1998.

ZAMBONELLI, P. 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.

ZANOTTO, D.L.; ALBINO, L.F.T.; BRUM, P. Efeito do grau de moagem no valor energético do milho para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 57, 1994.

ZEREHDARAN, S. et al. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. **Poultry science**, v. 83, n. 4, p. 521–525, 2004.

ZUIDHOF, M. J. et al. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014.