

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

**CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NO CORPO E
NOS OSSOS DE FRANGAS DE DUAS LINHAGENS COMERCIAIS
ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE
NEUTRO NA RAÇÃO DE CRESCIMENTO (7 A 17 SEMANAS DE IDADE).**

FRANCISLENE SILVEIRA SUCUPIRA

FORTALEZA - CE

JULHO - 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NO
CORPO E NOS OSSOS DE FRANGAS DE DUAS LINHAGENS
COMERCIAIS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA
EM DETERGENTE NEUTRO NA RAÇÃO DE CRESCIMENTO (7 A 17
SEMANAS DE IDADE).

FRANCISLENE SILVEIRA SUCUPIRA
ZOOTECNISTA

FORTALEZA - CE
JULHO – 2014

FRANCISLENE SILVEIRA SUCUPIRA

**CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NO
CORPO E NOS OSSOS DE FRANGAS DE DUAS LINHAGENS
COMERCIAIS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA
EM DETERGENTE NEUTRO NA RAÇÃO DE CRESCIMENTO (7 A 17
SEMANAS DE IDADE).**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

FORTALEZA - CE

JULHO – 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S939m Sucupira, Francislene Silveira.
Curvas de crescimento e deposição de nutrientes no corpo e nos ossos de frangas de duas linhagens comerciais alimentadas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na ração de crescimento (7 a 17 semanas de idade) / Francislene Silveira Sucupira. – 2014.
84 f. : il., color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.
Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.
1. Ave de postura. 2. Fibra dietética. 3. Ave. I. Título.

CDD 636.08

FRANCISLENE SILVEIRA SUCUPIRA

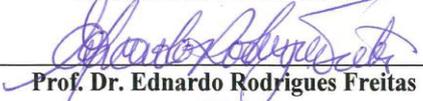
**CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NO CORPO
E NOS OSSOS DE FRANGAS DE DUAS LINHAGENS COMERCIAIS
ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE
NEUTRO NA RAÇÃO DE CRESCIMENTO (7 A 17 SEMANAS DE IDADE).**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Zootecnia.

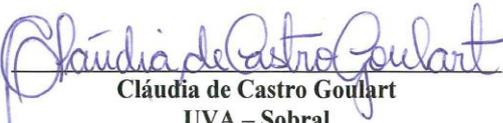
Área: Produção Animal

Aprovada em: 17/7/2014

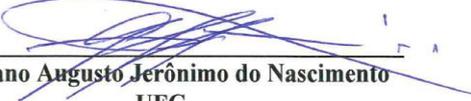
BANCA EXAMINADORA:



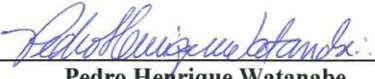
Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas
UFC



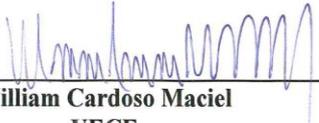
Cláudia de Castro Goulart
UVA – Sobral



Germano Augusto Jerônimo do Nascimento
UFC



Pedro Henrique Watanabe
UFC



William Cardoso Maciel
UECE

v

v

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Francislene Silveira Sucupira - Nascida no dia 28 de fevereiro de 1983 na cidade de Fortaleza, Ceará. Graduada em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará no ano de 2005, Mestre em Zootecia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará em 2008, na área de Forragicultura e Nutrição Animal. Contratada como professora Substituta da mesma Instituição até o final de 2008, ministrando a Disciplina de Nutrição de Monogástricos. Em 2009 foi contratada pela Empresa Drogavet para auxiliar na Assistência Técnica e Representação de Produtos da Empresa Fort Dodge no Ceará. Em 2010, ingressou no Curso de Doutorado do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela Universidade Federal do Ceará, cujo trabalho gerou esta Tese. Em 2011, foi aprovada em Concurso Público para Professora da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Parauapebas - PA, onde trabalha até a atualidade, como responsável pelas disciplinas de bioquímica aplicada as ciências agrárias e bromatologia.

“Porque cada um, independente das habilitações que tenha, ao menos uma vez na vida fez ou disse coisas muito acima da sua natureza e condição, e se a essas pessoas pudéssemos retirar do quotidiano pardo em que vão perdendo os contornos, ou elas a si próprias se retirassem de malhas e prisões, quantas mais maravilhas seriam capazes de obrar, que pedaços de conhecimento profundo poderiam comunicar, porque cada um de nós sabe infinitamente mais do que julga e cada um dos outros infinitamente mais do que neles aceitamos reconhecer”.

José Saramago (A Jangada e a Pedra)

A **Deus**, inteligência suprema, soberanamente justo e bom, cujo amor sustenta nossas vidas e a estrutura do Universo. A **Ele**, que permitiu a realização deste trabalho, dando-me forças e coragem de seguir sempre em frente.

A **Jesus**, espírito guia e mentor deste mundo, mestre amigo que está sempre conosco, nos guiando, abençoando, e nos inspirando a trabalhar sempre, no intuito de aperfeiçoar nossa inteligência e permanecer no caminho do progresso.

Ao meu esposo, **Marcel Regis Moreira da Costa Machado**, pelo incentivo, companheirismo, paciência nos momentos de ausência, amizade, carinho e amor.

A minha filha, **Ana Sara Silveira da Costa**, simplesmente por existir na minha vida. Agradeço a Deus pelo empréstimo, e a ela dedico todos os meus momentos, todo o carinho e amor que existe em meu coração.

DEDICO

A minha mãe, **Maria Áurea Matias da Silveira** (*in memoriam*), por todo o amor, carinho, compreensão e auxílio em todos estes anos. Nada disso seria possível sem sua incansável capacidade de me apoiar, sempre. Esta é a realização do nosso sonho.

OFEREÇO

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE GRÁFICOS.....	XIII
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	XVII

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Carboidratos.....	4
2.1.1. Classificação dos carboidratos.....	5
2.1.2. Propriedades físico-químicas da fibra.....	7
2.2. Metodologias para determinação da fibra.....	9
2.2.1. Fibra bruta.....	9
2.2.2. Método de Van Soest.....	10
2.3. Fração fibrosa do farelo de trigo.....	11
2.4. Efeitos da utilização da fibra na alimentação das aves.....	12
2.4.1. Efeitos fisiológicos e nutricionais da utilização da fibra na alimentação das aves.....	12
2.4.2. Efeitos benéficos da utilização da fibra em rações para aves sobre a digestão e absorção de nutrientes.....	15
2.4.3. Efeitos da utilização da fibra em rações para aves sobre a disponibilidade e utilização da energia	17
2.5. Caracterização do crescimento em poedeiras comerciais.....	19

2.5.1. Crescimento do tecido ósseo.....	20
2.5.2. Crescimento do tecido muscular.....	23
2.5.3. Crescimento do tecido adiposo.....	25
2.6. Crescimento e composição corporal em poedeiras.....	26
2.6.1. Curvas de crescimento em poedeiras comerciais.....	28
2.6.2 Fatores que influenciam as curvas de crescimento e a deposição de nutrientes em poedeiras comerciais.....	31
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

CAPÍTULO II - CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE COMPONENTES CORPORAIS EM FRANGAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

CAPÍTULO III - CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NOS OSSOS DE FRANGAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO NA FASE DE CRESCIMENTO.

RESUMO.....	74
ABSTRACT.....	75
INTRODUÇÃO.....	76
MATERIAL E MÉTODOS.....	77

RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	80
CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais utilizadas para poedeiras comerciais na fase de crescimento.....	58
Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso corporal de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	60
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso das penas de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	62
Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de proteína na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	63
Tabela 5. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de água na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	65
Tabela 6. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de cinzas na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	68

CAPÍTULO III

Tabela 1. Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais utilizadas para poedeiras comerciais na fase de crescimento.....	79
Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso da tíbia e do fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	81
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para da tíbia e do fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	83

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de proteína na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	85
Tabela 5. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de água na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	87
Tabela 6. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de cinzas na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN.....	88

**CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NO
CORPO E NOS OSSOS DE FRANGAS DE DUAS LINHAGENS
COMERCIAIS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA
EM DETERGENTE NEUTRO NA RAÇÃO DE CRESCIMENTO (7 A 17
SEMANAS DE IDADE)**

RESUMO GERAL - Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN) nas rações de frangas de duas linhagens comerciais de aves de postura, no período de 7 a 17 semanas de idade, sobre a curva de crescimento corporal e óssea e a deposição de componentes na carcaça e nos ossos. Foram utilizadas 648 aves de cada linhagem, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, composto de três níveis de FDN (14,5; 16,5 e 18,5%) e duas linhagens (LOHMAN LSL e HY LINE BROWN), com quatro repetições de 54 aves. Semanalmente, foram avaliados o peso corporal e das penas, peso e comprimento dos ossos (tíbia e fêmur) e a composição corporal e dos ossos em proteína, cinzas e água. As curvas de crescimento e deposição foram determinadas aplicando-se os dados na função de Gompertz. Não houve interação entre linhagem e nível de FDN da ração, para os parâmetros da equação de Gompertz determinados, para todas as características avaliadas. Os níveis de FDN da ração influenciaram significativamente nos parâmetros da curva de crescimento para peso corporal e deposição de água, de modo que o nível de 14,5% de FDN possibilitou maior peso corporal e de deposição de água à maturidade (P_m), maior idade de máximo crescimento (t^*) e menor taxa de maturidade (b) que os demais níveis testados. Entretanto, os parâmetros da curva de crescimento para o peso e o comprimento da tíbia e do fêmur, assim como, as estimativas dos parâmetros para a deposição de água nos ossos e as deposições de proteína e matéria mineral na carcaça e nos osso não foram influenciadas significativamente pelo nível de FDN da ração. Entre as linhagem, observou-se que as aves leves, apresentaram menor taxa de maturidade (b) e menor peso à maturidade (P_m), sem apresentar diferenças significativas na idade de máximo crescimento (t^*). Os parâmetros para a deposição de proteína e cinzas na carcaça não variaram significativamente, enquanto, as aves leves apresentaram menores estimativas de taxa de maturidade (b) para a deposição de água corporal em relação às aves semipesadas. Não houve diferença entre as linhagens para os parâmetros estimados para o comprimento da tíbia e do fêmur, peso da tíbia, deposição de proteína e cinzas da tíbia. Entretanto, para o peso do fêmur, deposição de proteína no fêmur e deposição de água na tíbia, as aves leves apresentaram maior peso à maturidade (P_m) e valor da idade de máximo crescimento (t^*) e menor valor na taxa de maturidade (b) em comparação as aves semipesada, as quais apresentaram maior peso à maturidade (P_m) e valor da idade de máximo crescimento (t^*) e menor valor na taxa de maturidade (b) em comparação as aves leves para deposição de água no fêmur. Assim, o nível de

FDN da ração de recria pode ser utilizado para modificar a curva de crescimento das frangas leves e semipesadas, podendo-se controlar o ganho de peso corporal pelo aumento do seu nível na ração em nível superior a 14,5%, sem alterar o crescimento dos ossos e a deposição de água, matéria mineral e proteína na carcaça e nos ossos até o nível de 18,5%. Embora as poedeiras semipesadas da linhagem avaliada apresentem maior potencial de crescimento corporal e das penas em relação às leves, essa aves são semelhantes quanto à proporção de proteína e matéria mineral depositada na carcaça e divergem no desenvolvimento dos ossos quanto ao peso e deposição de água e proteína no fêmur.

Palavras – chave: equação de Gompertz, fase de crescimento, fibra dietética, frangas.

GROWTH CURVE AND DEPOSITION OF BODY NUTRIENTS AND BONES OF TWO STRAINS OF COMERCIAL PULLETS FED WITH DIFFERENT LEVELS OF NEUTRAL DETERGENT FIBER IN GROWTH RATION (7 TO 17 WEEKS OF AGE).

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effect of using different levels of neutral detergent fiber (NDF) in diets for hens of two commercial layer-hen strains from 7 to 17 weeks of age on the growth curve and deposition of body components and bones. A total of 648 birds from each strain were distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial arrangement consisting of three levels of NDF and two strains, with four replicates of 54 birds. The tested NDF levels were 14.5, 16.5 and 18.5%. Additionally, live weight, feather weight, body composition of protein, ash and water, bones weight, bones length and bones composition of protein, ash and water were evaluated. Growth curves were determined by applying the data on Gompertz function. According to the results, there was no interaction among factors, strain and NDF levels for the parameters of the equation of Gompertz determined for all evaluated traits. The NDF levels of the diet affected the estimates of weight at maturity and water deposition in the carcass. The level of 14.5% NDF allowed for greater weight at maturity (W_m), greater age at maximum growth (t^*) and lower maturity rate (b) than the other tested levels. There was no influence of NDF levels tested on the parameters of the growth curve for weight and length of the tibia and femur ($P < 0.05$). There was no influence of NDF levels tested on the estimates of the parameters of the Gompertz equation for the composition of water, protein and ash of the tibia and femur ($P < 0.05$). The level of NDF in the ration of growing can be used to modify the growth curve of pullets, being able to control the body weight gain by increasing its level in the ration without changing the deposition of water, ash and protein in the carcass. Pullets fed diets containing up to 18.5% inclusion of NDF, during 7-17 weeks of age, showed no changes in the curves of growth and nutrient deposition in the tibia and femur.

Keywords: pullets, growth phase, dietary fiber

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de ovos e, assim como no restante do mundo, apresentou significativas taxas de crescimento da atividade nos últimos anos. Este deve-se, entre outros fatores, à evolução no desempenho das poedeiras comerciais. Segundo Neme (2004) a melhoria nos índices produtivos foi obtida a partir da seleção genética para melhor desempenho das aves, que objetivou melhorar a produção mas ocorreu associado a antecipação da maturidade sexual. Dessa forma, as linhagens modernas de poedeiras comerciais dispõem de menos tempo para atingir o desenvolvimento corporal ideal (SAKOMURA et al., 2004). Associado à precocidade, se observou redução no consumo de alimento o que dificulta ainda mais o ganho de peso pelas aves, resultando em baixo peso corporal no início da postura (GARCIA; MAZALLI, 2006).

Segundo Leeson e Summers (1997), o peso do ovo está diretamente relacionado ao peso corporal da ave à maturidade sexual e, assim, é de grande importância que as aves consigam atingir o peso corporal ideal no início da fase de postura. Como as aves apresentam menos tempo disponível para o crescimento, as frangas podem iniciar a postura sem condições físicas para sustentar a elevada taxa de produção de ovos. Assim, são necessárias melhorias no manejo e na nutrição durante a fase de crescimento, para que as frangas apresentem bom desenvolvimento corporal, empenamento e adequada formação do aparelho reprodutor, possibilitando assim, bons índices de produção de ovos (BRAZ, 2011).

Dessa forma, o consumo de ração deve ser estimulado para que as frangas ganhem peso na fase de crescimento, visto que as reservas energéticas serão imprescindíveis nos momentos mais críticos da produção (LEESON; SUMMERS, 1997). Entretanto, é necessário evitar o ganho de peso em excesso pelas aves, uma vez que o limite entre peso corporal ideal e a obesidade da ave é pequeno e desconhecido (SAKOMURA et al., 2004).

No manejo alimentar das frangas na fase de crescimento tem sido comum o uso de programas de alimentação com rações que se diferenciam pela redução dos níveis nutricionais à medida que a ave cresce, principalmente, nas recomendações em energia metabolizável. Certamente, a redução dos níveis nutricionais contribui para a adição de alimentos fibrosos nas rações oferecidas para as frangas. Essa prática também tem o objetivo de manter a

densidade energética da ração em níveis reduzidos e com isso evitar o ganho de peso excessivo (SCHEIDELER et al.,1998).

A recomendação de baixos níveis de fibra em rações para aves jovens é uma prática bastante utilizada pelos nutricionistas, já que a fibra interfere no consumo de ração, na digestibilidade de nutrientes e no desempenho das aves (BRAZ et al., 2011). Entretanto, pesquisas realizadas na última década têm sugerido que, dependendo da fonte, a inclusão de quantidade moderada de fibra na ração pode ter benefícios no desenvolvimento do trato digestório, na digestão de nutrientes e na eficiência alimentar na fase de crescimento (SCHEIDELER et al.,1998; GONZALÉZ-ALVARADO et al., 2007).

Existem preocupações quanto aos efeitos do nível de fibra da dieta de frangas sobre o crescimento e qualidade óssea, uma vez que a fibra dietética é um dos fatores que influencia a absorção de Ca e P. Esta é uma propriedade apresentada pela fibra determinada como capacidade de troca catiônica, que pode reduzir a absorção de Ca e P e de outros minerais presentes na dieta (DOMENE, 1996; MOREKI, 2005; CRUZ, 2011). Entretanto, são escassos na literatura trabalhos que avaliem o efeito da utilização da fibra nas rações para aves sobre a qualidade óssea.

Assim, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos da fibra em detergente neutro (FDN) das rações na fase de crescimento (7 a 17 semanas de idade) sobre a curva de crescimento e deposição de nutrientes no corpo e nos ossos de duas linhagens comerciais de aves de postura.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

A nutrição de poedeiras comerciais é uma importante ferramenta para se alcançar os níveis elevados de produção atingidos pelas linhagens comerciais modernas e apresenta desafios que devem ser constantemente monitorados (COSTA et al., 2012). Os principais desafios estão relacionados à precocidade das poedeiras comerciais, que torna difícil atingir os padrões desejados de peso corporal ou consumo de ração, o que exige intervenções nas densidades nutricionais das dietas ou formulações específicas (STRINGHINI et al., 2005).

Rostagno et al. (2011) dividiram o período de crescimento das aves de reposição em três fases, compreendendo a inicial o período de 1 até 6 semanas de idade, a fase de cria de 7 a 12 semanas de idade e a fase de recria de 13 a 20 semanas de idade ou até o início da postura. Os objetivos nutricionais para a fase de crescimento são a obtenção de ave saudável e que atinja o peso ideal a uma idade adequada para entrar na fase de postura.

Cada linhagem apresenta recomendações nutricionais adequadas às suas características fisiológicas e de crescimento, que são diferentes devido à pressão de seleção aplicada às diversas variáveis de desempenho durante o processo de melhoramento genético. Assim, os programas nutricionais sugeridos para as linhagens apresentam diferenças marcantes quanto ao número de dietas na fase de crescimento e aos níveis de nutrientes.

Durante a fase de crescimento, o consumo de energia deve ser estimulado para que a ave apresente as reservas energéticas necessárias nos momentos mais críticos da produção. Entretanto, deve-se ter cuidado com o ganho de peso das frangas nesta fase de crescimento, pois o limite entre peso corporal ideal e a obesidade da ave é pequeno e desconhecido, e o alto peso corporal pode comprometer o desempenho produtivo das aves na fase de postura (SAKOMURA et al., 2004).

Na tentativa de evitar o ganho de peso excessivo das aves na fase de crescimento, há redução dos níveis nutricionais das rações à medida que a ave cresce, principalmente nas recomendações em energia metabolizável e proteína. Essa redução possibilita a adição de maiores teores de alimentos fibrosos nas rações, visando manter baixa a densidade energética da ração e, assim, evitar o ganho de peso excessivo das aves (SCHEIDELER et al., 1998).

Durante muito tempo a recomendação dos nutricionistas era a utilização de rações para aves com pouca fibra, uma vez que suas propriedades físico-químicas resultam em efeitos fisiológicos e antinutricionais que influenciam de forma negativa o consumo

alimentar, a digestibilidade de nutrientes e a eficiência alimentar das aves (SCHEIDELER et al., 1998; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007; BRAZ et al., 2011).

Em geral o nível de fibra em rações para aves jovens normalmente não ultrapassa o 3% na formulação (MATEOS et al., 2012). No entanto, não há sugestão de níveis de inclusão de fibra nas rações de crescimento nos manuais das linhagens de poedeiras comercializadas atualmente no Brasil, com exceção para o manual da linhagem Novogen White (2010), que recomendam os níveis de 2,5 à 4,0% nas rações que compõem a fase de cria, e de 3,5 a 6,0% para as rações das fases de cria e recria, respectivamente.

Pesquisas têm sugerido que, dependendo da fonte, a inclusão de quantidade moderada de fibra na ração pode ter benefícios no desenvolvimento do trato digestório, na digestão de nutrientes e na eficiência alimentar na fase de crescimento (SCHEIDELER et al., 1998; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007).

São escassos na literatura trabalhos que avaliem o efeito dos níveis de inclusão das diferentes frações fibrosas nas rações de poedeiras na fase de crescimento. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos para esclarecer estes efeitos e gerar recomendações sobre os níveis de inclusão dos alimentos com base nas frações fibrosas, que possibilitem o bom desenvolvimento corporal das poedeiras durante as fases de cria e recria.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Carboidratos

Dentre as biomoléculas, os carboidratos são as mais abundantes na face da Terra. São cadeias carbônicas hidratadas, definidas predominantemente como polioidroxialdeídos ou polioidroxicetonas cíclicos, ou substâncias que liberam estes compostos por hidrólise. São classificados de acordo com o número de unidades básicas em monossacarídeos ou açúcares simples, dissacarídeos, oligossacarídeos (contém até 20 monossacarídeos), e polissacarídeos (apresentam mais de 20 monossacarídeos) (LEHNINGER, 2008).

Os carboidratos mais complexos são chamados de polissacarídeos e podem ter cadeia contendo centenas a milhares de unidades monossacarídicas, apresentando cadeia linear, como a celulose, ou ramificada, como o glicogênio (LEHNINGER, 2008). Realizam no organismo várias funções essenciais, como a composição da membrana celular, com

atuação sobre a comunicação intercelular, fornecimento de energia para a maioria das células orgânicas através do processo de oxidação, formação de reserva energética no organismo, principalmente na forma de glicogênio, entre outras funções essenciais (ARAÚJO, 2005; BRAZ, 2010).

Os carboidratos podem ser classificados como estruturais e não-estruturais, porém esta classificação refere-se unicamente a função que estes desempenham nas plantas e não deve ser confundida com a função dos carboidratos na nutrição animal. Os carboidratos estruturais são encontrados na parede celular dos vegetais, que é composta por pectina, celulose, componentes hemicelulósicos, lignina, complexos fenólicos e proteínas. Os carboidratos não-estruturais, apresentam função energética, sendo acumulados em diferentes órgãos da planta e mobilizados para liberação de energia em diversas fases de crescimento (MOLLO, 2009).

Em termos nutricionais, a classificação dos carboidratos em fibrosos e não fibrosos é mais apropriada, pois é baseada em características nutricionais, ao invés de composição química ou função exercida na planta. Nessa classificação, os carboidratos não-fibrosos representam a porção degradada mais rapidamente e incluem a pectina, o amido e açúcares, enquanto os carboidratos fibrosos apresentam baixa velocidade de degradação, como celulose, hemicelulose e pectina (DETMANN et al., 2005).

2.1.1. Classificação dos carboidratos

O amido é um polissacarídeo formado pela união de unidades de glicose que formam dois polímeros diferentes, em relação à existência de ramificação e ao tipo de ligação presente: amilopectina e amilose (LEHNINGER, 2008). O amido pode ser classificado em três grupos: rapidamente digestível, lentamente digestível e resistente.

A classificação da fibra foi originalmente feita através de uma metodologia usada para a extração e isolamento de polissacarídeos. O resíduo remanescente após uma série de extrações alcalinas de materiais da parede celular das plantas foi chamada celulose, e a fração deste resíduo solubilizado pelo álcali foi chamada hemicelulose. A palavra hemicelulose foi adotada, porque pesquisadores equivocadamente consideraram esse polissacarídeo como precursor da celulose. Apesar de saber-se que é um termo incorreto, ainda é comumente utilizado (MOURINHO, 2006).

Montagne et al. (2003) definem fibra como qualquer polissacarídeo, amiláceo ou não amiláceo, que alcança o intestino grosso sem ter sido digerido no intestino delgado, incluindo o amido resistente, os carboidratos não amiláceos e a lignina. Entretanto, existe ainda a definição química da fibra, que classifica as fibras de acordo com a solubilidade em água (BRITO, 2008; CABRAL et al., 2013). Segundo Borges e Ferreira (2004) os carboidratos não amiláceos insolúveis são a celulose e algumas hemiceluloses, enquanto os solúveis são as pectinas, gomas e a maioria das hemiceluloses.

Segundo Nagashiro (2007), as concentrações da fibra variam entre os diferentes vegetais e entre diferentes partes das plantas e também são influenciados pelo seu grau de maturidade. A celulose é um homopolissacarídeo linear não-ramificado, contendo cerca de 10 a 15 mil unidades de glicose. Sua principal característica é que as unidades de glicose estão ligadas entre si por ligações glicosídicas do tipo (β 1 \rightarrow 4), que confere as mesmas estruturas tridimensionais e propriedades físicas muito diferentes (LEHNINGER, 2008).

O termo hemicelulose é utilizado coletivamente para denominar grupos distintos de polissacarídeos constituídos por pentoses (xilose e arabinose) e/ou hexoses (glucose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila (CARVALHO et al., 2009).

A pectina refere-se a uma família de oligossacarídeos e polissacarídeos, com características comuns, porém diversos em sua estrutura. O esqueleto péctico é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em α (1 \rightarrow 4), com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados [1-4]. Para ser considerado como pectina, o composto deve ser constituído de, no mínimo, 65% de ácido galacturônico (CANTERI et al., 2012).

2.1.2. Propriedades físico-químicas da fibra

A fibra dietética pode exercer vários efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo, que serão diferenciados para as suas frações insolúvel e solúvel (MONTEIRO, 2005). Dentre as propriedades físico-químicas da fibra da dieta, aquelas que estão relacionadas com efeitos fisiológicos e antinutricionais são a capacidade de hidratação (CH) e a capacidade de troca catiônica (CTC) (ANNISON; CHOCT, 1994).

A capacidade de hidratação é uma característica físico-química da fibra definida a partir da presença de grupos hidrofílicos, da área de superfície e do arranjo estrutural das moléculas que compõem esta fração (ANNISON; CHOCT, 1994). Os carboidratos são

compostos que apresentam múltiplas hidroxilas em sua constituição, porém a configuração da molécula define a CH.

A capacidade de troca catiônica é definida como a propriedade que a fibra apresenta de se ligar a íons metálicos através de sítios ativos disponíveis sua superfície como carboxilas, aminas, hidroxilas alifáticas e aromáticas livres, entre outros grupos químicos reativos. Estes se encontram principalmente na lignina, na pectina e em taninos (WARPECHOWSKI; CIOCCA, 2002; WARPECHOWSKI, 2005). A CTC é variável segundo a composição do alimento e, segundo pesquisas, a fibra insolúvel de fontes leguminosas apresenta maior CTC em comparação a subprodutos e grãos de cereais (WARPECHOWSKI; CIOCCA, 1997). Devido a CTC, a fibra atua como um agente tamponante, que em condições de pH elevado (meio alcalino) carrega-se com cátions (K^{+1} , Ca^{+2} , Na^{+1} e Mg^{+2}) que são liberados quando o pH diminui (meio ácido). Assim, quando o pH é próximo de neutro, a absorção de alguns elementos no trato gastrointestinal é reduzida (ANNISON; CHOCT, 1994; WARPECHOWSKI, 2005).

Em relação aos componentes que formam a fibra insolúvel, a quantidade de grupos hidrofílicos é muito pequena, e estes estão interligados por pontes de hidrogênio, o que reduz a capacidade destes reagirem com a água (ANNISON; CHOCT, 1994). Assim, a capacidade de hidratação da fibra insolúvel torna-se mais dependente dos espaços intracelulares do que de sua superfície de contato (VAN SOEST, 1994). Geralmente, os tecidos da planta formados apenas por parede primária, onde as moléculas estão unidas de forma menos coesa e organizada, apresentam maior capacidade de hidratação do que aqueles formados por parede secundária e/ou lignificados (McDOUGALL et al., 1993).

A fração solúvel da fibra apresenta estrutura ramificada com maior área superficial e grande quantidade de grupos hidrofílicos livres, com maior capacidade de retenção de água. Dessa forma, esta fração fibrosa apresenta maior capacidade de hidratação, que aumenta de forma significativa a viscosidade da digesta (ANNISON; CHOCT, 1994; LELIS et al., 2009). A viscosidade é uma grandeza física associada às propriedades dinâmicas dos fluídos, definida como a força de resistência que um determinado fluído apresenta para realizar movimento. Assim, quanto maior a viscosidade, maior a resistência do fluído e menor sua velocidade de movimentação (FERRAZ NETO, 1999).

Segundo Warpechowski (2005) a viscosidade depende de vários fatores, dentre eles o tamanho das moléculas, o seu grau de ramificação, a presença de grupos carregados e a

concentração de polissacarídeos. Juntamente ao maior volume do bolo alimentar, causado pela retenção de água, esta propriedade interfere de forma física sobre a digestão e absorção dos nutrientes da dieta, uma vez que a matriz formada nessa situação pode proteger os nutrientes da ação enzimática que normalmente ocorre no intestino delgado e do contato com os sítios de absorção presentes neste local. Como consequência há piora na digestibilidade dos nutrientes e menor desempenho produtivo das aves (FERREIRA, 1994).

2.2. Metodologias para a determinação da fibra

A fibra dietética é difícil de ser conceituada quimicamente, e ainda mais difícil de ser mensurada nos alimentos (MATEOS et al., 2012). Existem vários métodos para a determinação da fibra, porém é necessário avaliar as limitações do método a ser empregado em sua determinação.

Segundo Warpechowski et al. (2005), os efeitos causados pela fração fibrosa presente nas dietas dos animais sobre os processos de fermentação, digestão e absorção de nutrientes no trato gastrointestinal variam de acordo com o nível de fibra e também com as propriedades físico-químicas dessa fração fibrosa. Essas propriedades são dependentes da fonte de fibra, de sua composição química e da sua estrutura molecular.

Dessa forma, medições baseadas nas propriedades físico-químicas da fibra têm sido utilizadas para caracterizar e classificar os alimentos em complementação às medidas de quantificação da fibra, e são metodologias promissoras na avaliação de ingredientes na alimentação de aves (WARPECHOWSKI, 2005).

2.2.1. Fibra bruta

De acordo com Morgado et al. (2009), o método gravimétrico analítico mais antigo para a determinação das frações fibrosas que compõem a parede celular é o da fibra bruta, sendo conhecido como parte do método de Weende. O termo fibra bruta (FB) refere-se ao resíduo do material da planta após a extração ácida e alcalina e inclui porções variáveis de PNA's (WARPECHOWSKI, 2005). A extração ácida remove o amido, açúcares, e parte de pectina e hemicelulose dos alimentos; já a extração básica remove proteínas, pectinas e hemicelulose remanescente e parte da lignina (MERTENS, 1996).

Uma das falhas deste método é não indicar o quanto de um alimento será aproveitado pelo animal, ou seja, sua digestibilidade. A digestibilidade está estreitamente relacionada com

o tipo de fibra presente no alimento e esta informação não é determinada com o Sistema de Weende (NUNES, 1998).

Considera-se outra falha a subestimação dos valores de fibra, pois o tratamento solubiliza porções de lignina e hemicelulose e estima apenas uma pequena parcela da quantidade total de fibra indigestível no alimento (ALVES et al., 2008). Vale ressaltar que a relação negativa da fibra com o valor de energia disponível decorre principalmente da sua correlação com a quantidade total da fibra insolúvel (FERREIRA, 1994). Tendo em vista que essa fração fibrosa apresenta baixa digestibilidade, e que possui propriedades que reduzem a digestibilidade de outros nutrientes, o aumento da sua inclusão nas dietas está relacionado a diluição do nível de energia metabolizável das mesmas.

A maioria dos efeitos fisiológicos e antinutricionais da fibra para monogástricos estão associados principalmente às frações não consideradas pela medida de FB, como hemicelulose, pectina, oligossacarídeos e polissacarídeos não amiláceos solúveis (ANNISON; CHOCT, 1994; MAISONNIER et al., 2001). Apesar destes fatores, a FB continua sendo adotada como medida de fibra em alimentos para aves (NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2011; BERTECHINI, 2012), principalmente pela facilidade de sua determinação e pela quantidade de dados disponíveis (WARPECHOWSKI, 2005).

2.2.2. Método de Van Soest

Em 1967, Van Soest e Wine propuseram um método mais adequado para análise das frações fibrosas dos alimentos, utilizando detergentes neutros e ácidos no tratamento da fibra, buscando determinar de forma mais acurada esta fração (BERCHIELLI, 2006). Assim, o fracionamento dos carboidratos passou a ser mais preciso, visto que o método se baseia na solubilidade diferenciada dos componentes da célula vegetal em determinado pH, e passou a ser utilizado na grande maioria dos laboratórios de nutrição animal (ALVES et al., 2008).

A célula vegetal apresenta a membrana plasmática e a parede celular, que é constituída por celulose, hemicelulose, lignina, sílica e pectina. O método de Van Soest consiste, inicialmente, em separar a parede celular do conteúdo da célula. Isto é feito aquecendo-se a amostra em detergente neutro que solubiliza o conteúdo celular, permanecendo a parede celular intacta. Assim, o conteúdo celular é a fração solúvel em detergente neutro e a fração insolúvel denomina-se fibra em detergente neutro (FDN) (NUNES, 1998). Com esta

determinação recupera-se celulose, hemicelulose e lignina, com alguma contaminação por proteína, pectina, minerais e amido (LANA, 2005; SILVA; QUEIROZ, 2002).

A parede celular pode ser desdobrada em outras análises, para a identificação de seus constituintes. Assim, a amostra quando aquecida em detergente ácido solubiliza a celulose e a hemicelulose, enquanto a lignina e a sílica são separadas por filtragem. A porção solúvel em detergente ácido é integralmente aproveitada por ruminantes e outros herbívoros e parcialmente utilizada por monogástricos não herbívoros (NUNES, 1998).

A utilização de FDN para caracterizar os alimentos para aves tem sido muito criticada, pois o detergente neutro solubiliza a pectina. Entretanto, segundo alguns autores, apesar de ser digestível para os animais, a pectina apresenta digestão mais lenta em comparação aos carboidratos solúveis presentes no conteúdo celular. Dessa forma, esta metodologia não é adequada para determinar a pectina que tem grande impacto na fisiologia digestiva das aves (WARPECHOWSKI, 2005; BACHA, 2006; MORGADO et al., 2008). Porém, segundo Jeraci e Van Soest (1990), a FDN é considerada uma medida importante de caracterização da fibra para aves em comparação a FDA.

O método de fibra digestível total (FDT), proposto por Prosky (1992), consiste numa análise enzimático-gravimétrica para a determinação da fibra alimentar, sendo considerado, atualmente, o melhor método de análise. O método permite a quantificação de toda a fibra alimentar, inclusive compostos como gomas, alginato, carragena, α -glucanos, etc. A FDN corresponde a fração insolúvel da FDT.

Apesar das limitações, a determinação de FDA e FDN é comum nos laboratórios e a composição destas parcelas fibrosas nos ingredientes pode ser facilmente encontrada nas tabelas de composição de alimentos brasileiras. Alguns pesquisadores utilizam esta medida na avaliação de alimentos para aves e suínos (BRAZ et al., 2011; FREITAS et al., 2011; CRUZ et al., 2012).

Para entender melhor os efeitos da fibra na nutrição das aves, faz-se necessário a utilização de metodologias com base nas suas propriedades físico-químicas, que fracionem melhor as porções solúvel e insolúvel, sem desconsiderar nenhum de seus constituintes. Diversas metodologias têm sido desenvolvidas neste sentido, como a determinação da fibra alimentar total (FAT), da viscosidade aplicada real (VAR) e da capacidade de troca catiônica (CTC) de FDN (PROSKY et al., 1984; WARPECHOWSKI et al., 2005; RAMOS et al., 2007) entretanto, devido à complexidade de execução ainda não são metodologias usuais.

2.3. Efeitos da utilização da fibra na alimentação das aves

2.3.1. Efeitos fisiológicos e nutricionais da utilização da fibra na alimentação das aves

As propriedades físico-químicas da fibra interferem diretamente sobre o comportamento da digesta e sobre todo o processo de digestão em aves. Os efeitos da utilização de fibra na alimentação das aves dependem do nível de inclusão, da fonte da fibra e da idade da ave. Sobre condições práticas de alimentação, o tamanho e a solubilidade da partícula da fração fibrosa no ambiente digestório, assim como o grau de lignificação, são características chaves para o desempenho das aves, devido seus efeitos sobre a taxa de passagem no trato digestório e sua habilidade de fermentação na sua porção distal (MATEOS et al., 2012).

De acordo com Moran Jr. (2006), a fibra exerce influência considerável sobre o funcionamento do intestino delgado e do intestino grosso, por virtude da sua solubilidade em água e características físicas. Dentre os efeitos causados pela fibra estão alterações na viscosidade da digesta, redução na digestão e absorção de nutrientes, alteração no tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal e mudança na regulação hormonal (WARPECHOWSKI et al., 2005; MOURINHO, 2006; ROSA; UTTPATEL, 2007).

A fibra solúvel, devido à alta capacidade de hidratação, tem a característica de aumentar a viscosidade das soluções. Assim, alimentos ricos em fibra solúvel, ao serem ingeridos pela ave, tendem a produzir digesta mais viscosa (WARPECHOWSKI et al., 2005; BOZZUTI, 2009). Este incremento na viscosidade é um fator que influencia diretamente o valor nutritivo dos alimentos (BRENES, 1992), uma vez que altera várias características relacionadas ao processo de digestão. Como a quantidade e complexidade estrutural da fibra diferem entre as fontes vegetais, a viscosidade das suas soluções também é extremamente variável (MORAN JR., 2006).

A digesta adquire consistência de gel devido ao aumento da viscosidade e a estrutura formada atua como uma barreira à ação hidrolíticas das enzimas, dificultando o contato destas com as diversas frações do alimento. Além disso, há redução do contato do bolo alimentar com as células absorptivas da membrana intestinal, resultando em redução na digestão e absorção dos nutrientes. Ou seja, a fibra apresenta baixa digestibilidade para aves, além disso, níveis elevados de fibra solúvel interferem sobre a digestibilidade de todos os componentes

da dieta, pois em um meio viscoso, as gorduras, carboidratos e proteínas estão menos disponíveis às enzimas (FERREIRA, 1994; PHILIP et al., 1995; SANTOS JR. et al., 2004; BRITO, 2008; HARTINI; CHOCT, 2010).

Os monogástricos não apresentam enzimas endógenas capazes de hidrolisar a fibra solúvel que, normalmente, está contida na parede celular. Dessa forma, as fibras dietéticas permanecem quase que inteiramente intactas após passagem pelo intestino delgado e são fermentadas no intestino grosso (MONTAGNE et al., 2003). Somente o amido pode ser hidrolisado pela amilase pancreática em glicose, enquanto a fibra não é hidrolisada pelas enzimas digestivas, sendo fermentada pela microflora do trato digestório (MOURINHO, 2006). Assim, a presença de fibra no alimento impede o acesso das enzimas endógenas aos nutrientes contidos no interior dos grãos ou de qualquer outra célula vegetal que possa compor o alimento (BOZUTTI, 2009).

Segundo Hetland et al. (2004), o aumento da viscosidade da digesta provoca redução na absorção de todos os nutrientes dietéticos. Porém, este efeito é mais significativo sobre os lipídeos. Segundo Moran Jr. (2006) a viscosidade afeta o aproveitamento da gordura, uma vez que as micelas lipídicas formadas no lúmen intestinal têm menos contato com a mucosa intestinal, o que interfere em sua digestão e na absorção de seus constituintes, ácidos graxos livres e sais biliares.

Além da redução sobre a digestão e absorção dos nutrientes, níveis elevados de fibra na dieta reduzem a disponibilidade dos minerais. Esse efeito é explicado pela forte capacidade de ligação iônica da fibra insolúvel com elementos minerais, que resulta na formação de quelatos e a redução sobre o tempo de trânsito intestinal (ARRUDA et al., 2003; WARPECHOWSKI, 2005; BRITO, 2008).

As partículas de fibra solúvel retêm maior quantidade de água que qualquer outra partícula alimentar e, por consequência, ocorre aumento no tamanho destas partículas, e aumento do volume da digesta. Este aumento pode ser avaliado pelo diâmetro geométrico médio da digesta (DGM). Quando o DGM aumenta, ocorre distensão das paredes do trato digestório e concomitante aumento no tamanho deste órgão (JIMENEZ MORENO et al., 2010).

Com o aumento no tamanho das partículas da digesta, as aves tendem a reduzir o consumo de alimento, uma vez que o volume ocupado no trato digestório é maior e limita a ingestão (RODRÍGUEZ-PALENZUELA et al., 1998). Além disso, como as paredes do trato

digestório se distendem, ocorre um efeito descrito como resistência ao peristaltismo, o que reduz a velocidade de passagem da digesta, aumentando o tempo de trânsito intestinal (WARPECHOWSKI, 2005).

O efeito da fibra insolúvel sobre a taxa de passagem da digesta no trato gastrointestinal parece ser contraditório, uma vez que pesquisas descrevem tanto o aumento quanto a redução na taxa de passagem como efeito associado a esta fração fibrosa (ARRUDA et al., 2003; HETLAND et al., 2005; BRITO, 2008). Entretanto, o efeito da fibra insolúvel sobre a taxa de passagem muda de acordo com o trecho do trato gastrointestinal.

Quanto ao efeito da fibra insolúvel sobre a atividade da moela, observa-se que a digesta leva mais tempo para ser degradada neste órgão (HETLAND et al., 2004; HETLAND et al., 2005). O acúmulo de fibra insolúvel na moela regula o trânsito da digesta pelo intestino e a digestão de nutrientes, e reduz a taxa de passagem pelo trato digestório (BERTECHINI, 2000).

Entretanto, o efeito sobre a taxa de passagem é diferente quando avaliamos a relação da fração insolúvel da fibra com as paredes do trato gastrointestinal. Há estímulo físico da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrointestinal, que tende a aumentar a motilidade e os movimentos peristálticos, aumentando a taxa de passagem e reduzindo a permanência da digesta no trato digestório (HETLAND et al., 2004; FORTES, 2012).

2.3.2. Efeitos benéficos da utilização da fibra em rações para aves sobre a digestão e absorção de nutrientes

Segundo Montagne et al. (2003), a utilização de níveis moderados de fibra dietética nas rações pode trazer benefícios, principalmente para o desenvolvimento e a saúde do trato digestório e, por consequência, para a eficiência alimentar das aves.

Em diversas espécies, a adição de alimentos fibrosos na ração é responsável pelo aumento do peso, volume e capacidade do trato gastrintestinal (HANSEN et al., 1992). Este efeito tem sido relatado com a utilização de ambas as frações fibrosas, porém as propriedades físico-químicas mais relacionadas ao desenvolvimento do trato digestório são a capacidade de hidratação da fibra solúvel e a abrasividade da fibra insolúvel.

González-Alvarado et al. (2007) ao compararem o efeito de dietas formuladas com milho ou arroz, sobre o desenvolvimento do trato digestório em frangos de corte, observaram que as rações a base de milho que apresentaram os maiores níveis de fibra bruta (3,4%) e de

tamanho médio da partícula proporcionaram maior peso do proventrículo, da moela e dos intestinos. Outros autores relatam que o aumento do nível de fibra na moela resulta no aumento do tamanho do trato gastrointestinal (JORGENSEN et al., 1996; RAMA RAO et al., 2000; HETLAND; SHIVUS, 2001; HETLAND et al., 2005).

É importante ressaltar que a influência sobre o tamanho e o desenvolvimento do trato digestório depende principalmente do tipo e nível de fibra utilizado nas dietas, uma vez que cada fração fibrosa possui propriedades físico-químicas específicas e, por consequência, efeitos diversos no trato digestório dos animais (GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007).

A utilização da fibra nas dietas aumenta o tempo de retenção da digesta na parte superior do trato digestório, melhorando a função da moela, estimulando a produção de HCl no proventrículo, que reduz o pH na parte superior do trato (JIMENEZMORENO et al., 2010; MATEOS et al., 2010). A redução do pH beneficia a ativação da pepsina e melhora a disponibilidade de fontes minerais (VAN DER AAR et al., 1983). Segundo Mateos et al. (2012), a inclusão de fibra na dieta das aves em níveis moderados (54 a 66% de FDN) pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho das aves (MATEOS et al., 2012).

O maior peso relativo destes órgãos induz sua maior atividade na tentativa de melhorar a digestão e a absorção de dietas de alta viscosidade (HETLAND; SVIHUS, 2001; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2008; JIMENEZ MORENO, et al., 2009; BRAZ et al., 2011). O aumento no volume e peso do trato gastrointestinal é resultado da adaptação das aves a dietas ricas em fibra solúvel (JIMENEZ MORENO et al., 2009). Segundo Larbier e Leclerq (1994), a inclusão de fibra solúvel aumenta a secreção endógena de nitrogênio e a massa bacteriana, aumentando a quantidade de substratos endógenos e exógenos disponíveis à fermentação bacteriana no ceco. De acordo com Brunsgaard (1998), em razão da maior fermentação da fibra dietética nos cecos há aumento no índice de renovação celular do epitélio.

A fibra insolúvel pode irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, aumentar a excreção da parede celular associada à proteína, com consequente aumento na excreção de nitrogênio, aumentos nas secreções endógenas de muco e água e aumento no volume e peso de excretas (MONTAGNE et al., 2003; HETLAND et al., 2004; WILS-PLOTZ; DILGER, 2013).

Para que tenhamos no futuro recomendações para nível de fibra na alimentação das aves será necessário identificar o nível de inclusão adequado para proporcionar os efeitos

benéficos da fibra sobre a digestão e absorção de nutrientes, sem influenciar de forma negativa as variáveis de desempenho. Como a composição dos alimentos é muito variável, o ideal é que estas recomendações sejam para cada fração fibrosa (solúvel e insolúvel), para que seja possível aos nutricionistas incluir os alimentos fibrosos nas rações em níveis que atinjam as recomendações propostas.

2.3.3. Efeitos da utilização da fibra em rações para aves sobre a disponibilidade e utilização da energia

A energia metabolizável do alimento é influenciada pelo nível de PNA nos cereais. Assim, os cereais que apresentam maior quantidade de PNA possuem quantidade de energia metabolizável inferior quando comparado com os que possuem menor quantidade destes (CLEOPHAS et al., 1995). Segundo Ferreira (1994), a quantidade de fração fibrosa apresenta alta correlação negativa com o nível de energia metabolizável da dieta. Segundo Hetland et al. (2004), a fibra pode ser considerada um componente diluidor da energia metabolizável.

A dificuldade na digestão da fibra, além de reduzir a energia do alimento, pode prejudicar a utilização dos nutrientes, levando a um aumento do volume e conteúdo das excreções. Isto ocorre principalmente quando o tipo de fibra do alimento é solúvel, ou seja, tem grande capacidade de ligar-se a água e formar substância gelatinosa no trato intestinal (CONTE et al., 2003). A formação dessas substâncias gelatinosas tende a aumentar a viscosidade intestinal e com isso aumentar a carga bacteriana, pela maior disponibilidade de substrato indigerido (BERTECHINI, 2000). Ao interferir na população microbiana do intestino, há interferência direta sobre a velocidade de passagem do alimento no trato digestório o que influencia a utilização da energia da dieta (MATEOS; SELL, 1981).

O efeito sobre a taxa de passagem do alimento pelo trato digestório depende do tipo e da quantidade da fração fibrosa presente no alimento. A fração insolúvel tende a aumentar a taxa de passagem, enquanto a fibra solúvel tende a reduzir a taxa de passagem devido sua alta capacidade de hidratação. Annison e Choct (1991) concluíram que a redução da taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal com o crescimento das aves, quando associado à microflora intestinal mais ativa e estável na idade adulta favorece a fermentação cecal da fração solúvel da fibra e aumenta o aproveitamento de energia.

Segundo Jorgensen et al. (1996) o comprimento do intestino, mais particularmente o comprimento e peso dos cecos, aumentaram com o maior nível de fibra. Sabe-se que os

cecos das aves contém o maior número de microorganismos capazes de hidrolisar e fermentar a fibra dietética em oligossacarídeos e outros carboidratos de baixo peso molecular (SUNVOLD et al., 1995; DUNKLEY et al., 2007). Em aves, diversas atividades estritamente anaeróbicas ocorrem nos cecos como a formação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e a metanogênese (RICKE et al., 2004).

Segundo Nunes (1998) a contribuição em energia oriunda dos AGCC produzidos nos cecos é insignificante. Entretanto, é importante considerar que a produção de AGCC deve aumentar com o aumento do nível de fibra na dieta. Segundo Józefiak (2004) os AGCC produzidos nos cecos a partir da fermentação microbiana da fração solúvel da fibra podem fornecer energia extra à ave hospedeira, após a absorção destes componentes. De acordo com Jorgensen et al. (1996), a fermentação de PNA pelas aves correspondeu a um aporte de 3 a 4% de energia referente a EM consumida para as dietas de alta fibra. Segundo Barnes et al. (1979) estudos com quatro espécies de aves indicaram que a energia metabolizável obtida a partir da produção de AGCC equivaleu entre 5 a 15% das necessidades diárias de manutenção de energia. Os AGCC, incluindo o butirato gerado durante a fermentação das fibras dietéticas são quase completamente absorvidos no trato digestório (MONTAGNE et al., 2003).

Vários autores têm relatado aumento do tamanho e do peso relativo do trato digestório com o aumento nos níveis de inclusão de fibra na dieta (HANSEN et al., 1992; JORGERSEN et al., 1996; RAMA RAO et al., 2000; HETLAND; SHIVUS, 2001; HETLAND et al., 2005; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2008; JIMENEZ MORENO, et al., 2009; JIMENEZ MORENO et al., 2010; BRAZ et al., 2011).

Este efeito da utilização da fibra aumenta as exigências de energia e aminoácidos para a manutenção do animal devido a alta taxa de renovação celular observada na linha epitelial do intestino. (BALDWIN et al., 1980; JOHNSTON et al., 2003). O aumento na proliferação de células epiteliais é suportado pelo butirato que é gerado pela fermentação da fibra dietética (MOSENTHIN et al., 2001; MONTAGNE et al., 2003).

2.4. Caracterização do crescimento em poedeiras comerciais

O crescimento pode ser definido como o período em que há aumento de tamanho e ganho de peso no organismo, sendo o ganho de peso constituído pela deposição corporal de gordura e de proteína. Como a taxa relativa de síntese proteica é maior no animal jovem, diz-se que o crescimento animal se dá nesta fase (GONZALES; SARTORI, 2002).

O crescimento é um processo complexo, que envolve inúmeras interações entre os efeitos metabólicos e fisiológicos relacionados com o sistema endócrino, a genética do animal, o nível de nutrientes fornecido via ração, assim como os fatores ambientais (KIM, 2010).

Para as aves, o desenvolvimento segue cinco estágios: embrionário, pós-eclosão, juvenil, puberal e adulto (KIM, 2010). A taxa de crescimento mais intensa ou, o aumento da massa corporal de aves domésticas, ocorre durante o período que abrange as fases embrionária, de pós-eclosão e juvenil (STURKIE, 1986).

Diferentemente do que ocorre na produção de carne, na qual o produto é a carcaça, obtida ao final do ciclo de produção, na produção de ovos as aves devem passar necessariamente por um período de crescimento antes de atingir o estágio produtivo (CANET et al., 2011). Segundo Mazzuco (2011), uma parte do potencial do bom desempenho da postura é definida durante as fases de cria (7 a 12 semanas) e recria (13 a 20 semanas).

Com a melhoria no potencial genético das aves, estas são a cada dia mais precoces e apresentam maior produção de ovos, porém, houve redução na idade e no peso das aves à maturidade sexual, o que pode ser um problema, pois as aves dispõem de menos tempo para atingir o desenvolvimento corporal ideal (NEME et al., 2006; CRUZ, 2011).

Segundo Leeson e Summers (2005), o peso do ovo está diretamente relacionado ao peso corporal à maturidade sexual, e aves que produzem ovos pequenos no início da fase de postura produzirão ovos menores durante todo o ciclo de postura. Assim, conhecer o crescimento de cada tecido corporal é essencial para garantir a boa formação da franga, o seu bem estar no ciclo produtivo e bons níveis de produção de ovos.

2.4.1. Crescimento do tecido ósseo

O crescimento do tecido ósseo corresponde ao desenvolvimento de toda estrutura esquelética, e pode ocorrer de forma radial, na qual há aumento da espessura do osso, ou de forma longitudinal, na qual há alongamento do osso (GONZALES; SARTORI, 2002). O desenvolvimento do tecido ósseo tem início na fase de desenvolvimento embrionário, porém entre a 7ª e a 18ª semanas de idade, a formação óssea ocorre de forma mais acelerada em poedeiras, tanto em alongamento dos ossos quanto em largura, para prover adequado suporte esquelético para o crescimento da ave (BRITO et al., 2006; ANGEL et al., 2007).

A maioria dos estudos sobre desenvolvimento ósseo descreve a ossificação intramembranosa como um processo que ocorre apenas durante o desenvolvimento embrionário. Porém, o crescimento do osso durante a fase inicial da vida das aves se dá pela ocorrência paralela das ossificações intramembranosa e endocondral, no qual o processo intramembranoso é responsável pela ossificação da parte externa dos ossos compactos nas regiões da metáfise e diáfise, enquanto o endocondral é responsável pelo crescimento longitudinal da maioria dos ossos do esqueleto (PIZZAURO JR., 2002; PÉRTILE, 2011).

A ossificação endocondral é um processo indireto, no qual há formação dos ossos a partir de uma cartilagem hialina, que é depositada durante o desenvolvimento embrionário, e serve como molde para o crescimento da maioria dos ossos do corpo (BARBOSA, 2005, PIZAURO JR., 2002). Esse processo não é muito expressivo durante o desenvolvimento in ovo, sua ocorrência se dá de forma mais intensa após a eclosão (LOPES, 2009).

A ossificação endocondral ocorre em uma cartilagem altamente organizada aprisionada entre a epífise e a metáfise dos ossos, nas extremidades distais dos ossos longos, chamada de placa de crescimento. Esta placa pode ser dividida em zonas horizontais de condrócitos em diferentes etapas de diferenciação (EERDEN et al.,2002). A placa de crescimento divide-se em cinco zonas, sendo elas:

- 1) Zona de reserva, com condrócitos pequenos e inativos;
- 2) Zona de proliferação, constituída por condrócitos maiores que se dividem para substituir os que morrem;
- 3) Zona de maturação, onde começam a surgir as vesículas de matriz óssea;
- 4) Zona hipertrófica, na qual os condrócitos aumentam de tamanho,
- 5) Zona calcificada, que é o local onde os condrócitos começam a passar por degeneração, devido a calcificação ao seu redor (PIZZAURO JR., 2002).

Na ossificação endocondral há atividade intensa do disco epifisário nas epífises cranial e distal dos ossos. Os condrócitos da zona proliferativa da cartilagem sofrem uma série de divisões celulares em direção longitudinal e organizam-se em orientação típica em colunas. Estes sintetizam quantidade significativa de matriz extracelular, as proteínas que são essenciais para a estrutura óssea em crescimento. Devido a fatores ainda não totalmente elucidados, os condrócitos perdem a capacidade de se dividir e começam a se diferenciar e aumentar de tamanho (EERDEN et al.,2002).

Estes condrócitos entram em uma via de diferenciação que os transforma em condrócitos hipertróficos, e passam a se localizar na zona de transição. Esta fase caracteriza-se por um aumento na concentração intracelular de cálcio, essencial para a síntese de vesículas da matriz. Estas células secretam sais de cálcio, fosfatos, hidroxiapatita, e metaloproteínas da matriz, que resulta na mineralização das vesículas e o seu meio circundante (EERDEN et al., 2002).

O processo de mineralização, em combinação com baixa tensão de oxigênio, atrai sangue para os vasos do osso esponjoso e, subsequentemente, os condrócitos mineralizados passam por um processo de morte celular, deixando espaço para um novo processo de formação óssea. Em seguida, novos osteoblastos entram nesta área para dar continuidade ao crescimento. A combinação da proliferação dos condrócitos, sua hipertrofia e a produção de matriz extracelular são os principais contribuintes para o crescimento ósseo longitudinal (EERDEN et al., 2002).

A mineralização é restrita a uma pequena porção do osso cartilaginoso, a placa epifisária. Este processo ocorre de forma mais acentuada na fase inicial da vida dos animais, portanto nesta fase, a exigência em minerais é maior em comparação às fases de crescimento e terminação (DONATO, 2009). Assim, uma elevada proporção dos minerais consumidos pelas aves nos primeiros dias após a eclosão é necessária para dar o suporte ao processo de mineralização e ao crescimento ósseo (ANGEL et al., 2007).

O crescimento do esqueleto e a remodelagem do osso em aves são regulados por uma complexa interação entre o potencial genético do animal, o ambiente e a nutrição (WATKINS et al., 2001).

Durante a reabsorção óssea a estrutura do osso é dissolvida e digerida pelos ácidos e enzimas produzidos pelos osteoclastos e seus produtos de degradação são liberados em ambiente extracelular. O metabolismo de reabsorção óssea intensifica-se principalmente no início de postura. Este é um processo natural, porém sua intensidade depende do nível de cálcio que é absorvido no intestino, sendo os ossos capazes de suprir o cálcio necessário à formação dos ossos quando o nível de cálcio é deficiente nas rações, ou podem ser a fonte exclusiva deste mineral em dietas completamente deficientes (SANTOS, 2008).

O nível de cálcio fornecido via dieta não é o único fator que influencia a taxa de reabsorção, uma vez que, quando há má formação óssea durante a fase de crescimento das

aves, a mortalidade aumenta de forma significativa, pois o tecido ósseo não é capaz de suportar a intensificação na reabsorção óssea nesse período (CRUZ, 2011).

2.4.2. Crescimento do tecido muscular

O tecido muscular é constituído por células alongadas, denominadas fibras musculares, as quais são envolvidas individualmente e em grupo por tecido conjuntivo (FELÍCIO, 2008). Segundo Cruz (2011), os desenvolvimentos dos ossos e músculos devem estar associados para permitir boa sustentação e desenvolvimento muscular.

Os frangos de corte apresentam maior massa muscular em comparação a poedeiras comerciais, uma vez que o músculo esquelético em frangos é composto por fibras musculares com tamanho e comprimento superiores e com mais DNA (SMITH, 1963). Diferenças no desenvolvimento muscular entre ambas são aparentes após 72 horas do início do desenvolvimento embrionário, quando as taxas de proliferação celular em frangos são significativamente maiores (MCFARLAND, 1999). O crescimento mais lento e a menor musculatura de poedeiras comerciais tem como origem o menor número de miofibrilas, menor taxa de deposição de proteínas e menor velocidade de hipertrofia (ABERLE; STEWART, 1983).

O desenvolvimento do músculo esquelético é definido como miogênese e acontece em períodos distintos. O primeiro período é denominado hiperplasia (multiplicação das fibras musculares) e ocorre na fase embrionária, no qual há o estabelecimento do número de fibras musculares (MOSS, 1968). Após o nascimento o número total de fibras permanece constante em aves, e então, se inicia o segundo período de crescimento, chamado de hipertrofia. Neste, as fibras musculares aumentam de tamanho, principalmente por acréscimo de proteína e núcleos originados da proliferação e fusão de células satélites (CHRIST; BRAND-SABERI, 2002). Assim, esse processo de crescimento é caracterizado pelo aumento no conteúdo de proteína, sem aumento significativo no número de fibras musculares (GONZALES; SARTORI, 2002).

No início do desenvolvimento embrionário as células mesenquimatosas do mesoderma se diferenciam em miogênicas mononucleadas, os mioblastos. Durante o desenvolvimento embrionário, estas se fundem para formar células multinucleadas alongadas denominadas miotubos, que não se dividem. Ocorre então, a síntese de proteínas musculares, principalmente as proteínas miofibrilares do sarcômero, que resulta no deslocamento dos

núcleos centrais para a periferia da célula, formando a miofibrila madura (GONZALES; SARTORI, 2002).

Dessa forma, o desenvolvimento da fibra muscular apresenta quatro etapas: 1) formação dos mioblastos; 2) fusão dos mioblastos para formar miotubos; 3) diferenciação dos miotubos para formar microfibrilas e 4) crescimento das miofibrilas. As três primeiras etapas ocorrem somente durante o desenvolvimento pré-natal, e a última etapa ocorre antes e após a eclosão (GONZALES; SARTORI, 2002).

A miogênese pode ser regulada por fatores proteicos ou por fatores de crescimento. Os fatores proteicos de regulação funcionam como ativadores da transcrição e ligam-se ao DNA através de sítios específicos de ligação, de onde estas controlam os eventos da miogênese. Fatores de crescimento também podem estimular ou inibir o processo de miogênese, como as somatomedinas. Estas atuam diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento das fibras musculares, tanto na fase de hiperplasia quanto na de hipertrofia (BRIDI et al., 2009).

Durante a miogênese as fibras musculares se desenvolvem em duas populações distintas. As fibras que se formam nos primeiros estágios da fusão dos mioblastos são denominadas de fibras primárias (BRIDI et al., 2009). Essas servem como uma moldura, dentro da qual se desenvolvem as fibras secundárias (GONZALES; SARTORI, 2002). Durante este processo de diferenciação, os mioblastos formam outros tipos celulares que ficam localizadas próximas as miofibrilas, e são chamadas de células satélites (BRIDI et al., 2009).

A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra muscular, com aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, com um aumento do diâmetro da célula pela deposição de proteínas miofibrilares. Dessa forma, o aumento do tamanho da fibra muscular é limitado por fatores genéticos e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo sintetizar proteínas musculares. A fusão das células satélites nas células musculares é importante porque provoca aumento no número de núcleos celulares, favorecendo a síntese protéica (BRIDI et al., 2009).

As células satélites estão localizadas entre a membrana e a lâmina basal da fibra muscular. É uma célula mononucleada e mitoticamente ativa durante a fase de hipertrofia. Durante o crescimento muscular há aumento considerável no número de núcleos das fibras

musculares, porque as células satélites são incorporadas pelas fibras musculares, aumentando a quantidade de DNA para a produção de proteína (BRIDI et al., 2009).

A deposição proteica depende da suplementação de aminoácidos e da quantidade e qualidade (em valores biológicos) da proteína dietética (CARVALHO et al., 2009). Entre os fatores que podem influenciar a o crescimento muscular estão o nível dietético de aminoácidos e o nível energético da ração (ENYG et al., 2013). Faz-se necessário considerar também os efeitos da digestibilidade dos aminoácidos para maximizar a absorção e a síntese de proteína nos tecidos (ALBINO et al., 2011). Nesse contexto, deve-se considerar que o uso de ingredientes com alto nível de fibra na dieta das aves pode reduzir a digestibilidade ileal de aminoácidos dietéticos e aumentar a excreção de amônia (DILGER et al., 2004). Praes (2010), observou menor digestibilidade da proteína na ração em poedeiras comerciais, ao utilizar rações contendo 15% de FDN, oriunda da casca de soja. Nascimento et al. (1998) observou redução na deposição proteica no músculo de frangos de corte com a inclusão de 40% de farelo de canola na ração.

2.4.3. Crescimento do tecido adiposo

O tecido adiposo é um tecido conjuntivo de origem mesenquimal proveniente de células parentais semelhantes às que dão origem às células musculares, condrócitos ou fibroblastos. O tecido adiposo maduro é composto por vários tipos celulares, porém os adipócitos predominam. O excesso de energia é armazenado nos adipócitos para ser utilizado em momentos de balanço energético negativo ou também na restrição alimentar (AZAIN, 2004; GESTA et al., 2007; NAFIKOV; BEITZ, 2007).

O metabolismo lipídico das aves apresenta diferenças quando comparado ao de mamíferos. Uma delas é o local de síntese de novo dos lipídeos que, na maioria dos animais domésticos acontece quase que inteiramente no tecido adiposo, enquanto nas aves mais de 70% desta síntese ocorre no fígado (MACHADO, 2002).

Os ácidos graxos sintetizados no fígado são incorporados como triacilgliceróis em estruturas chamadas de lipoproteínas, e secretadas no plasma. Quando as lipoproteínas atingem os adipócitos há interação com a lipase lipoprotéica aderida à parede dos capilares. Após a ação dessa enzima, os ácidos graxos são liberados das lipoproteínas, absorvidos pelos adipócitos e armazenados na célula (MACHADO, 2002).

A adipogênese é um termo abrangente que se refere à diferenciação e à conversão de células comuns em células de assimilação de gordura encontradas no tecido adiposo (HAUSMAN, 2009). As células precursoras dos adipócitos são classificadas como células mesenquimais indiferenciadas que podem se diferenciar em músculos, glândulas e outras. Estas células são diferenciadas em adipoblastos e, em seguida, em pré-adipócitos, que ainda não tem capacidade metabólica de acúmulo de gordura. Posteriormente, os pré-adipócitos transformam-se em adipócitos imaturos e ao final da sequência, em adipócitos maduros ou diferenciados (MACHADO, 2002).

Após o aparecimento destas células elas são aglutinadas em agregados, e organizam-se juntamente a outras estruturas que formam o tecido adiposo. Estas estruturas são células epiteliais, perícitos e precursores de adipócitos em vários graus de diferenciação, e provavelmente fibroblastos (MACHADO, 2002).

A curva de crescimento corporal das poedeiras apresenta um ponto de inflexão, representando a idade em que a ave atinge a maturidade sexual. Após este momento, a taxa de crescimento torna-se linear e há atuação mais pronunciada dos hormônios da reprodução e o ganho de peso será constituído em maior proporção pela maior deposição de gordura (BRIDI et al., 2009). Dessa forma, com o passar da idade das aves, o teor de gordura corporal tende a aumentar.

2.6. Crescimento e composição corporal em poedeiras

Segundo Tholon e Queiroz (2009), o crescimento pode ser minuciosamente descrito pela hiperplasia e hipertrofia de células de tecidos específicos, ou ser caracterizado pelo ganho de peso médio de uma linhagem. De acordo com Canet et al. (2011), o peso corporal tem sido, tradicionalmente, a variável escolhida para a quantificação do crescimento. Entretanto, as linhagens modernas precisam apresentar peso corporal adequado ao início da postura, associado à idade cronológica (BRAZ et al., 2011).

A velocidade de crescimento de um animal depende da espécie a que pertence, sendo que animais de pequeno porte apresentam crescimento mais rápido que os de grande porte (MIGNON-GRASTEAU et al., 2001). É importante considerar que o modo de vida das espécies influencia diretamente o crescimento relativo dos diferentes componentes do corpo. Aves aquáticas, por exemplo, tem crescimento rápido com favorecimento ao acúmulo de gordura, o que é fundamental para o isolamento do contato com a água.

A curva de crescimento de cada espécie animal deve ser observada em condições ideais ou não limitantes. Diferentes linhagens e sexos podem diferir em vários aspectos, como peso à maturidade, composição dos tecidos corpóreos e taxas de deposição dos nutrientes corporais, pois estes aspectos afetam as características da curva de crescimento (MARCATO, 2007).

Segundo Kwakkel (1999), no passado era considerado essencial que as aves atingissem o que se chamava de “peso alvo”, que seria o peso corporal ideal para que estas fossem aptas à produção de ovos. Com os modelos de crescimento e a configuração da curva de crescimento corporal foram observados os diversos fatores que influenciavam na composição corporal da ave, e como a composição corporal afeta a maturidade fisiológica e sexual (NEME et al., 2006).

Com base nestas descobertas, o peso corporal não é suficiente para avaliar de forma eficaz o desenvolvimento corporal da franga sendo apenas uma ferramenta para avaliar a fase de crescimento em condições práticas (NEME et al., 2006). Pesquisadores como Wells, (1980), Johnson et al. (1985) e Kwakkel et al. (1991) afirmaram que a composição corporal das aves deve ser levada mais em consideração do que o peso corporal no preparo do organismo para a fase de produção de ovos.

Marcato (2007) descreve que as aves podem diferir em vários aspectos como o peso a maturidade, composição e taxas de deposição de nutrientes corporais e estes podem interferir sobre as características da curva de crescimento. Segundo Gous et al. (1999), para que seja possível avaliar esse conjunto multifatorial, é necessário a utilização de modelos matemáticos que possam expressar de forma mais precisa o crescimento das aves em função da idade e as informações obtidas poderão ser utilizadas para pesquisa ou para elaboração de programas de alimentação.

Vários modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o crescimento e a deposição de nutrientes corporais nos animais (MARCATO, 2007), porém, dentre eles, a função de Gompertz, é a que mais se ajustou aos dados de crescimento das aves (FREITAS et al., 1983; HRUBY et al., 1996; MARTIN et al., 1994; GOUS et al., 1999; MACLEOD, 2000; MARCATO, 2007; SANTOS, 2008) e, por isso, é a mais utilizada para descrever a curva de crescimento e a deposição de nutrientes nesta espécie.

As características da curva de Gompertz giram em torno do ponto de inflexão em que a taxa de crescimento é máxima. A idade em que ocorre o ponto de inflexão é dada pelo

parâmetro t^* da função. O outro parâmetro da função é o b , que indica a taxa de crescimento relativo no ponto em que o crescimento é máximo. O ganho diário de peso, em g/dia, é dado pela derivada da equação de Gompertz (MARCATO, 2007).

A equação de GOMPERTZ expressa o peso corporal em função da idade:

$$P_t = P_m \cdot \exp \left(- \exp \left(- b \cdot (t - t^*) \right) \right)$$

Em que:

P_t = peso corporal ou de tecido (g);

t = idade (dias);

P_m = peso corporal ou quantidade de tecido na idade adulta (g);

b = taxa máxima de crescimento ou de deposição de tecido (g/dia por g);

t^* = idade do máximo crescimento ou deposição (dias);

$e = 2,718282$ (base do logaritmo neperiano).

O crescimento dos componentes corporais pode ser explicado utilizando a função de Gompertz, porém é aconselhado que a quantificação dos componentes corporais em cada estágio de crescimento não deva ser baseada apenas em função do peso corporal, mas através de relações alométricas entre os componentes (lipídios, água e cinzas) e o peso da proteína corporal. Dessa forma, a partir do conhecimento do peso da proteína corporal e das relações alométricas entre proteína, penas, lipídios, água e cinzas, é possível determinar os demais componentes corporais, podendo expressar o peso corporal da ave como sendo: Peso Corporal (PC) = Proteína + Lipídios + (Penas/0,8) + Cinzas + Água (MARCATO, 2007).

2.5.1. Curvas de crescimento em poedeiras comerciais

Durante os estágios precoces do crescimento, a taxa de ganho de peso aumenta até o indivíduo alcançar a puberdade, que corresponde a uma taxa de crescimento linear, relativamente constante. Depois, a taxa de crescimento diário começa a declinar gradualmente chegando a zero quando o animal atinge o peso corporal adulto (BRIDI et al., 2009).

De acordo com Rodrigueiro (2001), o crescimento das aves se deve à soma de proteína, água, lipídios e cinzas. Segundo Rickefs (1985), a deposição e as proporções destes componentes, individualmente e em cada órgão corporal, determinam a idade fisiológica das aves e seu estágio de maturidade sexual. Estes componentes são depositados em proporções diferentes durante o crescimento (MARCATO, 2007).

A composição corporal durante o crescimento de aves poedeiras influencia diretamente a produção de ovos (SAKOMURA, 1996), o que significa que ao atingir a maturidade sexual, as aves necessitam de peso corporal e composição de carcaça adequados, levando em consideração a massa magra e a composição de gordura (LEESON; SUMMERS, 1997; LEESON; SUMMERS, 1989). Contudo, a boa formação esquelética da franga também é de suma importância, uma vez que estudos têm comprovado que o seu tamanho esquelético impõe as reservas de cálcio que esta terá durante o pico de produção de ovos (COELHO, 2001).

Quando se exclui a deposição de gordura do ganho de peso corporal das aves, este ganho é observado pelo aumento da proteína corporal, que está presente nos músculos. Dessa forma o crescimento do animal é dependente do desenvolvimento muscular. Para que ocorra o desenvolvimento muscular é necessário que exista um suporte, que são os ossos. Assim, o crescimento é um comportamento característico, no qual os tecidos ósseo, muscular e adiposo são desenvolvidos sucessivamente (GONZALES; SARTORI, 2002). Os nutrientes são destinados aos tecidos corporais de acordo com esta sequência de crescimento (CRUZ, 2011).

A criação de frangas de postura é dividida em fases, que se baseiam no grau de alterações fisiológicas que estão relacionadas com a formação do tecido nervoso, esquelético e muscular, o empenamento e a maturidade sexual, características determinantes para a formação da estrutura e peso corporal das aves (SAKOMURA, 1996). Segundo o referido autor, qualquer alteração na fase inicial da criação das frangas poderá comprometer o desempenho na fase de produção destas.

Rostagno et al. (2011) dividem o período de crescimento das aves de reposição em três fases, compreendendo a primeira o período de 1 até 6 semanas de idade, a segunda de 7 a 12 semanas de idade e a terceira fase de 13 a 20 semanas de idade ou até o início da postura. Assim, os programas de alimentação de frangas na fase de recria são compostos por três rações destinadas às fases inicial, de cria e de recria (MAZZUCO, 2011).

Quando se analisa o crescimento de cada tecido em particular, percebe-se que o desenvolvimento fisiológico das aves é multifásico, pois de 1 a 5 semanas de idade há o crescimento visceral, de 6 a 12 semanas há o crescimento ósseo e de 13 a 18 semanas o crescimento do aparelho reprodutor (BERTECHINI, 2012). Na fase pré-postura, ocorre aumento da crista e barbeta, incremento na atividade do fígado, maior deposição de cálcio medular e desenvolvimento do oviduto (JARDIM FILHO et al., 2011).

De acordo com Faria e Rombola (2003), a maior proporção do crescimento das frangas ocorre na fase de recria, quando comparada a fase inicial (desenvolvimento dos órgãos) e final (desenvolvimento do sistema reprodutor). No período de 7 a 12 semanas, há incremento de 44% no peso corporal, devido ao desenvolvimento do esqueleto, e com 15 semanas de idade a franga atinge cerca de 82% do seu peso adulto (KWAKKEL et al., 1991; BRITO et al., 2006). Santos (2008) relata que as aves atingem sua maturidade fisiológica as 32 semanas de idade.

Até as 15 semanas de idade há deposição de proteína, principalmente, nos músculos e no trato digestório, e deposição de gordura, no tecido intramuscular (KWAKKEL, 1992). De 16 às 22 semanas de idade, a proteína é depositada para garantir o crescimento normal do ovário e oviduto e a gordura, presumivelmente, é depositada no abdômen (SAKOMURA et al., 2004).

O nível de gordura corporal é um fator inteiramente relacionado ao início da puberdade em galinhas (BAKER, 1985). Quando as aves atingem a taxa máxima de crescimento protéico ocorre redução nas taxas de deposição e há uma inversão no metabolismo que passa a destinar gradualmente boa parte da energia ingerida para o acúmulo de gordura corporal, para formar a reserva de energia necessária ao período de produção de ovos (NEME et al., 2006).

Segundo Mendonça (1996), quando a produção de ovos começa a cair, há tendência de se aumentar a taxa de ganho de peso corporal, pois após o pico de produção de ovos as exigências nutricionais para a formação dos ovos diminuem, porém o potencial da ave para aumento do consumo de energia e, conseqüente, deposição de gordura aumentam. De acordo com Neme et al. (2006), entre 52 e 59 semanas de idade, a curva de crescimento da poedeira apresenta seu ponto de inflexão, reduzindo as taxas diárias de crescimento.

2.5.2. Fatores que influenciam as curvas de crescimento e a deposição de nutrientes em poedeiras comerciais

O crescimento das aves é influenciado por inúmeros fatores, sendo os principais os de ordem genética, nutricional e ambiental. Entre estes fatores, os aspectos que influenciam a taxa de crescimento das aves são quantidade e tempo de distribuição de alimento, fornecimento de água, linhagem, sexo, densidade de criação, clima, equipamentos e instalações, entre outros (MARCATO, 2007).

Há diferenças nas curvas de crescimento para peso corporal entre as linhagens modernas de poedeiras, sendo as linhagens marrons as que apresentam maior peso corporal em comparação às linhagens brancas. As aves de linhagem branca são as mais precoces, e apresentam maior taxa de maturidade, alcançando o peso adulto mais rapidamente, o que demonstra que estas aves têm menor intervalo de tempo para atingir o peso adequado a maturidade sexual do que as aves marrons (NEME et al., 2006, SANTOS, 2008).

Santos (2008) testou aves de duas variedades da linhagem Hy-Line submetidas a diferentes programas nutricionais e observou diferenças na taxa de maturidade das aves e no peso corporal a maturidade, tendo maior peso corporal e maturidade sexual as aves alimentadas com programa nutricional composto por cerca de 105% de suas exigências nutricionais. Quando as aves Hy-line W36 foram alimentadas com o programa de alimentação padrão foi observado menor taxa de maturidade, sendo necessário maior tempo para que as aves atingissem o máximo crescimento, porém este foi o programa que proporcionou o melhor peso a maturidade, sendo o mais próximo ao peso preconizado pelo manual da linhagem.

As linhagens não apresentam diferenças relacionadas apenas ao peso corporal, como também à deposição de componentes corporais. Esta taxa sofre alterações durante a curva de crescimento da ave, uma vez que a taxa de ganho dos diferentes componentes corporais não é diretamente proporcional a taxa de crescimento em diferentes pesos corporais (SANTOS, 2008).

O peso à maturidade para deposição de proteína nas linhagens brancas é maior em comparação às linhagens marrons. Neme et al. (2006), ao comparar aves brancas e marrons da linhagem Hy-Line e Hisex, observaram que as aves brancas apresentam taxa de deposição de proteína corporal cerca de 14% maior do que as aves marrons (Neme et al., 2006). Santos (2008), ao comparar aves Hy-Line Brown e Hy-Line W36, observaram peso a maturidade sexual para deposição de proteína maior em aves Brown, sendo a diferença média de 13%.

De acordo com Leeson (1995) a deposição de proteína é predeterminada pela genética da ave, havendo um limite de deposição diária, que não pode ser compensado pela dieta. A deposição de proteína também pode ser limitada pela quantidade de aminoácidos disponível na mistura de nutrientes disponível no sangue e em tecidos de alta atividade metabólica, ou ainda pela energia disponível para esta deposição (VARGAS et al., 2005). A

deficiência em aminoácidos, mais notadamente da lisina, reduz a deposição proteica nos músculos do peito, das asas e das penas das aves (NASCIMENTO, 2003).

De acordo com Santos (2008), aves marrons apresentam maior taxa de deposição proteica, o que explica por que essas aves são mais tardias, uma vez que é necessário maior intervalo de tempo para que estas consigam atingir o peso a maturidade para a deposição deste componente corporal. O referido autor observou que as aves da variedade Brown atingiram a máxima deposição de proteína entre a 10^a e 11^a semanas, enquanto para aves da linhagem W36 esta ficou entre a 9^a e 11^a semanas de idade, demonstrando a maior precocidade das aves W36 em relação a Brown.

Apesar das aves W36 terem se apresentado mais precoces para a deposição de proteína, a taxa de deposição proteica para estas aves diminui mais rapidamente após o ponto de inflexão da curva de crescimento do que em aves da linhagem Brown.

Silva et al. (2000) relatou que a lisina tem como principal finalidade auxiliar o crescimento das aves, auxiliando no ganho dos componentes corporais, incluindo os órgãos reprodutivos e o empenamento, refletindo no peso corporal ideal à maturidade sexual, que por sua vez tem grande influência sobre o desempenho de postura. Dessa forma, é essencial o fornecimento de níveis adequados de proteína e de aminoácidos essenciais em rações de crescimento, que atendam a exigência das aves, para garantir as taxas de deposição de proteína que proporcionem o melhor peso corporal ao início da produção de ovos.

A carcaça das aves contém aproximadamente 18% de proteína, sendo rica em lisina, que representa cerca de 9% do total da proteína corporal (SCOTT; NESHAIM, 1982). MARTIN et al. (1994) demonstraram que a porcentagem de lisina presente na proteína corporal e das penas pode ser estimada, respectivamente, em 75 e 18 g/ kg de proteína. O conteúdo de proteína das penas, por sua vez, é de 82%, e que, até 4 semanas de idade, representa cerca de 4% do peso corporal. Este percentual eleva-se para 7% após as 4 semanas de idade, permanecendo relativamente constante com o avanço da idade das aves (SCOTT; NESHAIM, 1982).

Com o avançar da idade das aves a deposição de proteína corporal é reduzida devido às modificações nas taxas de degradação proteica. Com o avanço da idade, a diferença entre os processos anabólicos e catabólicos diminuem e as taxas de crescimento proteico caem até que se igualem a zero (GONZALES; SARTORI, 2002).

A medida que as aves envelhecem, depositam maior quantidade de gordura corporal. Mas este fato não é específico para as aves, uma vez que ocorre na maioria dos animais. Apesar das taxas de deposição de gordura serem maiores com o passar da idade, a composição da dieta das aves também pode influenciá-la (MARCATO, 2007). Em qualquer fase de desenvolvimento das aves a deposição de gordura está relacionada com a quantidade de energia disponível para a síntese, independentemente da fonte de nutrientes (KESSLER, 2000).

Santos (2008) ao avaliar aves da linhagem HY-Line W36 com HY-Line Brown, observou que quanto maior a percentagem de gordura oferecida na alimentação, maior o peso médio para a deposição de gordura nos diferentes programas nutricionais estudados, indiferente da linhagem. Alguns pesquisadores relatam que o ganho de peso em aves adultas está relacionado com o excessivo consumo de energia em relação ao consumo de proteína (PEARSON; HERRON, 1982; WILSON, 1991).

Segundo Griffith et al. (1997), existem diferenças na capacidade de absorção de gordura em aves de variedades que apresentam maior potencial de ganho de peso. Neme et al., (2006) e Santos (2008) observaram maior peso a maturidade para deposição de gordura em aves marrons em comparação a aves brancas, sendo as aves marrons mais tardias na deposição de gordura corporal.

Segundo Neme et al. (2006), a partir do ponto de inflexão, onde a taxa de crescimento protéica foi máxima, ocorreu uma alteração no metabolismo das aves, que passaram a destinar gradualmente boa parte da energia ingerida para acúmulo de gordura corporal, compondo-se, assim, a reserva de energia necessária para o início da vida reprodutiva. Esta informação está de acordo com os dados observados por Brody et al. (1984) e Baker (1985), sugerindo que a gordura corporal é um fator crítico para o início da puberdade das galinhas. Há aumento da deposição de gordura corporal em detrimento da deposição proteica (SILVA, 2012).

O aumento da quantidade de água corporal ocorre em período semelhante ao de maior síntese de proteína orgânica, uma vez que a água participa diretamente das reações de alongamento da cadeia polipeptídica, sem a qual não seria possível a formação da proteína corporal (TRINDADE NETO et al., 2004; CABRAL et al., 2013).

As aves marrons normalmente apresentam peso à maturidade para deposição de cinzas maiores que as aves brancas, indicando que estas são mais tardias e, por consequência,

apresentam maior peso corporal de cinzas à maturidade (NEME et al., 2006; SANTOS, 2008).

O ambiente também é citado por alguns autores, como fator que influencia o crescimento das aves. Segundo Leeson e Summers (2005), a temperatura ambiente é um fator que influencia diretamente na capacidade de expressão do potencial genético pelas aves e, aquelas que se encontram enquadradas em zona de termo neutralidade (19 a 27°C) expressam melhor seu potencial.

De acordo com Santos (2008), abaixo do limite crítico de temperatura as aves precisam gerar calor para manter a temperatura corporal e, acima de 27°C necessitam de energia para iniciar os mecanismos de resfriamento do corpo.

Santos (2008) observou que ambas as variedades de aves da linhagem Hy-Line aumentaram a ingestão de energia e, conseqüentemente, a deposição de tecido adiposo durante o período entre a 34ª e 44ª semanas de idade, para manter sua temperatura corporal adequada em temperatura ambiental abaixo da zona de termoneutralidade.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERLE, E. D.; STEWART, T. S. Growth of fibers types and apparent fiber number in skeletal muscle of broiler- and layer- type chickens. **Growth**, v. 47, p. 135 – 144, 1983.
- ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C.; ROSTAGNO, H. S. Uso de proteína ideal na formulação de dietas para aves. **Avicultura Industrial**, nº 05, 2011.
- ALVES, A. A.; MOREIRA FILHO, M. A.; SILVA, D. C.; AZEVÊDO, D. M. M. R. Avaliação de alimentos para ruminantes no Nordeste do Brasil. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, **Anais...**Fortaleza, CBNA, 2008. (CD-ROM).
- ANGEL, R. Metabolic disorders: Limitations to growth and mineral deposition into the broiler skeleton after hatch and potencial implications for leg problems. **The Journal Applied of Poultry Research**, v. 16, p. 138 – 149, 2007.
- ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cerealnon starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing theirs effects. **World Poultry Science Journal**, v. 47, p. 232 – 242, 1991.

- ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides – their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: LYONS, T.P.; JACQUES, K. A. **Biotechnology in the feed Industry**. Proceedings... Nottingham: Nottingham University Press, 1994, p.51-66.
- ARAÚJO, D. M. **Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangas e poedeiras**. 80 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba – 2005.
- ARRUDA, A.M.V.; LOPES, D.C.; FERREIRA, W.M.; ROSTAGNO, H. S.; QUEIROZ, A. C. de; PEREIRA, E. S.; SILVA, J. F.; JHAM, G. M. Atividade microbiana cecal e contribuição da cecotrofia em coelhos com rações contendo diferentes níveis de amido e fontes de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.891-902, 2003.
- AZAIN, M. J. Role of fatty acids in adipocyte growth and development. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 916–924, 2004.
- BACHA, C. B. **Determinação do teor de lignina em amostras de gramínea ao longo do crescimento através de três métodos analíticos e implicações com as equações de “CORNELL NET CARBOYDRATE E PROTEIN SYSTEM”**. 109 f. Dissertação (Mestre em Nutrição Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da universidade de São Paulo – 2006.
- BAKER, E.R. Body weight and the initiation of puberty. **Clinical Obstetrics Gynecology**, v.28, n.3, p.573-579, 1985.
- BALDWIN, R. L. et al. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 1416 – 1428, 1980.
- BARBOSA, A.A. **Aspectos químicos, bioquímicos, físicos e mecânicos de fêmures de frangos de corte**. Tese (Mestrado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa – 2005.
- BARNES, E. M. The intestinal microflora of poultry and game birds during life and after storage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 46, P. 407–419, 1979.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:FUNEP, 2006. 583p.
- BERTECHINI, A. G. Fatores nutricionais que afetam a viscosidade intestinal. **Revista Alimentação Animal**. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal – SINDIRAÇÕES, n. 19, 2000.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2012, 373 p.

BORGES, F. M. O.; FERREIRA, W. M. **Princípios nutritivos e exigências nutricionais de cães e gatos**: parte I, energia, proteína, carboidratos e lipídeos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 108 p. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" Especialização a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos.

BOZUTTI, S. R. de A. **Avaliação de ingredientes alternativos na alimentação de frangos de corte com a adição de enzimas**. 78 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade de São Paulo – 2009.

BRAZ, N. de M. **Níveis de fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de duas linhagens de poedeiras nas fases crescimento e postura**. 56 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará – 2010.

BRAZ, N. de M.; FREITAS, E. R.; BEZERRA, R. M. CRUZ, C. E. B.; FARIAS, N. N. P.; SILVA, N. M. da; SÁ, N. L.; XAVIER, R. P. de. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2744 – 2753, 2011.

BRENES, A. Influencia de la adición de enzimas sobre el valor nutritivo de las raciones en la alimentación aviar. **Selecciones Avícolas**, v.22, p.787-794, 1992.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A.; HIOSHI, E. H. Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína. 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carneseccarcacasarquivos/Desenvolvimentodasfibrasmusculares.pdf>>. Acesso em: 03 de março de 2013.

BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. G.; FREITAS, R. T. F. de. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.35, n.4, p. 1342-1348, 2006.

BRITO, M. S. de. Polissacarídeos não-amiláceos na nutrição de monogástricos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111 – 117, 2008.

BRODY, T.B.; SIEGEL, P.B.; CHERRY, J.A. Age, body weight and body composition requirements for the onset of sexual maturity of dwarf and normal chickens. **British Poultry Science**, v.25,p.245-252, 1984.

BRUNSGAARD, G. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2787-2798, 1998.

CABRAL, N. de O.; MATOAS, M. B. de; TARDOCHI, C. F. T.; LOPES, R. S, G.; SOARES, R. T. R. N. Aproveitamento dos PNA's presentes em cana-de-açúcar com adição de enzimas para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 01, p. 2209 – 2216, 2013.

CANET, Z. E.; DOTTAVIO, A. M.; FAIN BINDA, M. V. et al. Análise dinâmica do peso corporal de cinco linhagens de matrizes destinadas à produção de frangos caipiras. In: XXII Latin American Poultry Congress, **Anais...**Buenos Aires. 2011.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. P. Pectina: da material prima ao produto final. **Polímeros**, vol. 22, n. 2, p. 149 - 157, 2012.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química nova**, v. 32, n. 8, p. 2191 – 2195, 2009.

CHRIST, B.; BRAND-SABERI, B. Limb muscle development. **International Journal of Developmental Biology**, v. 46, p. 905 – 914, 2002.

CLEOPHAS, G. M. L.; Van HARTINGSVELDT, W.; SOMERS, W.A.C.; VAN DER LUGT, J.P.K. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poultry**, v. 11, n. 4, p. 12 – 15, 1995.

COELHO, M. Early maturing layers require altered management. **Feedstuffs**, v.8, p.11-16, 2001.

CONTE, A. J; TEIXEIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; SCHOULTEN, N. A.; BERTECHINI, A. G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1147 – 1156, 2003.

COSTA, J. H. S.; SARAIVA, E. P.; COSTA, F. G. P.; SANTOS, L. F. D. Diferentes relações triptofano digestível: lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 57 – 64, 2012.

CRUZ, C. E. B. **Níveis de fibra na ração de recria (7 a 17 semanas de idade) e seus efeitos no crescimento e qualidade óssea de duas linhagens de poedeiras**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2011.

CRUZ, C. E. B.; FREITAS, E. R.; FARIAS, N. N. P.; XAVIER, N. P. de S.; LIMAS, J. dos S. C.; SÁ, N. L.; BRAZ, N. de M.; BEZERRA, R. M. Bone quality of laying hens fed different levels of fiber in the growth fase (7 to 17 weeks of age). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2032 – 2038, 2012.

DETMANN, E.; et al. PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. de C.; CECON, P. R.; ZERVOUDAKIS, J. T.; CABRASL. L. da S.; GONÇALVES, L. C.; VALADARES, R. F. D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005.

DILGER, R. N.; SANDS, J. S.; RAGLAND, D.; ADEOLA, O. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. *Journal of Animal Science*, v. 82, p.715–724, 2004.

DONATO, D. C. Z. **Desempenho, balanço metabólico, digestibilidade de minerais e mineralização óssea por frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes níveis de cálcio e suplementados com fitase**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

DUNKLEY, K. D.; DUNCLEY, C. S.; NJONGMETA, N. L.; CALLAWAY, T. R.; HUME, M. E.; KUBENA, L. F.; NINBET, D. J.; RICKE, S. C. Comparison of in vitro fermentation and molecular microbial profiles of high fiber feed substrates incubated with chicken cecal inocua. **Poultry Science**, v. 86, p. 801 – 810, 2007.

EERDEN, B. C. J. V. D.; KARPERIEN, M.; WIT, J. M. Systemic and local regulation of the growth plate. **Endocrine Reviews**, v. 24, n. 6, p. 782 – 801, 2002.

ENYD, C.; NUNES, R. V.; MURAKAMI, A. E.; POZZA, P. C.; SCHERER, C.; SILVA, W. T. M.; BRUNO, L. D. G. Deposição de proteína e gordura nos cortes nobres de frangos alimentados com farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 887 – 882, 2013.

FARIA, D. E.; ROMBOLA, L. G. Manejo e alimentação nas fases de cria e recria e seus efeitos sobre o desempenho de poedeiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 5-34.

FELÍCIO, A. M. **Estudo genético-quantitativo do número e diâmetro de fibras musculares em linhagens de frangos de corte**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, 2008.

FERRAZ NETO, L. Fluidodinâmica – Resistência dos fluidos. Disponível em: www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_T02_01.asp. Acessado em 13 maio de 2013.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. In: XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 85 - 113, 1994.

FORTES, B. D. A.; CAFE, M. B.; STRIGHINI, J. H.; BRITO, J. A. G. de; REZENDE, P. L. de P.; SILVA, R. D. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidratos de fitase em rações de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24 – 32, 2012.

FREITAS, A.R.; ALBINO, L.F.; ROSSO, L.A. **Estimativas do peso de frangos machos e fêmeas através de modelos matemáticos**. Concórdia, Embrapa-CNPQA. 1983. p.1-4. (Comunicado Técnico 68).

FREITAS, E. R.; OLIVEIRA, S. M. P. ; BRAZ, N.M. ; BEZERRA, R.M ; FARIAS, N. N. P ; XAVIER, R. P. S. Efeito do nível de fibra da ração de recria (7 a 17 semanas de idade) na curva de crescimento de duas linhagens de poedeiras comerciais. In: 48ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Belém, 2011. **Anais...** Belém: SBZ. 2011.

GESTA, S.; TSENG, Y. H.; KAHN., C. R. Developmental origin of fat: Tracking obesity to its source. **Cell**, v. 131, p. 242–256, 2007.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; JIMENEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v.86, p.1705–1715, 2007.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; JIMENEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D. G.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. **Poultry Science**, v. 87, p. 1779 - 1795, 2008.

GONZALES, E.; SARTORI, J.R. Crescimento e metabolismo muscular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.279-297.

GOUS, R.M.; MORAN JR., E.T.; STILBORN, H.R.; BRADFORD, G.D.; EMMANS, G.C. 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**, v.78, p. 812-821, 1999.

GRIFFITH, H.; LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Influence of energy system and level of various fat sources on performance and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, v.56, p.1018-1026, 1997.

HANSEN, I.K.; KNUDSEN, E.B., EGGUM, B.O. Gastrointestinal implications in the rat of wheat bran, oat bran and pea fiber. **British Journal of Nutrition**, v.68, p.451-459, 1992.

HARTINI, S.; CHOCT, M. the effect of non-starch polysaccharides derived from different grains of performance and digestive activity in laying hens. **Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 35, n. 2, p. 95 – 100. 2010.

HAUSMAN, G. J.; DODSON, M. V.; AJUWON, K.; AZAIN, M.; BARNES, K. M.; GUAN, L. L.; JIANG, Z.; POULOS, S. P.; SAINSZ, R. D.; SPOURLOCK, M.; NOVAKOFSKI, J.; FERNYHOUGH, M. E.; BERGEN, W. G. Board-invited review: The biology and regulation of preadipocytes and adipocytes in meat animals. **Journal of Animal Science**, v. **87**, p. **1218 – 1246**, 2009.

HETLAND, H., SVIHUS, B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 42, p. 354–36, 2001.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, p. 415-422, 2004.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; CHOCT, M. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. **Journal Applied Poultry Research**, v. 14. p.: 38 46. 2005.

HOLLMAN, J.; LINDHAUER, M. G. Pilot-scale isolations of glucurono arabinoxylans from wheat bran. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 59, p. 225 – 230, 2005.

HRUBY, M.; HAMRE, M.L.; COON, N. Non-linear and linear functions in body proteingrowth. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.109-15, 1996.

JARDIM FILHO, R. de M.; STRIGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M.; ANDRADE, M. A.; CARVALHO, F B. Níveis de lisina digestível para poedeiras LOHMAN LSL na fase de 16 a 25 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1947 – 1954, 2011.

JERACI, J. L.; VAN SOEST, P. J. Improved methods for analysis and biological characterization of Fiber. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 270, p. 245-263, 1990.

JIMENEZ MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; GONZÁLEZ-SERRANO, A. LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive

traits of broilers from one to twenty-one days of age. **Poultry Science**, v. 88, p. 2562 – 2574, 2009.

JIMENEZ MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D. LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, p. 2197 – 2212, 2010.

JOHNSON, R.J., CUMMING, R.B., FARREL, D.J. Influence of food restriction during rearing on the body composition of layer-strain pullets and hens. **British Poultry Science**, v. 26, p. 335-348, 1985.

JOHNSTON, L. J.; SALLY, N.; RENTERIA, A.; SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. Third National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry Held. Kansas, 2003.

JORGENSEN, H.; ZHAO, X. Q.; KNUDSEN, K. E.; EGGUM, B. O. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal Nutrition**, v. 75, p. 379 - 395, 1996.

JÓZEFIK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S. A. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 113, p. 1 – 15, 2004.

KESSLER, A.M.; SNIZEK, P.N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000. p.107-133.

KIM, W. J. The endocrine regulation of chicken growth. **Asian – Australian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 12, p. 1668 – 1676, 2010.

KWAKKEL, R.P., KONING, F.L.S.M., VERSTEGEN, M.W.E, HOF, G. Effect of method and phase of nutrient restriction during rearing on productive performance of light hybrid pullets and hens. **British Poultry Science**, 32, p. 747-761, 1991.

KWAKKEL, R.P. Nutritional studies on body development and performance in laying-type pullets and hens: a multiphasic approach. In: WORLD'S POULTRY CONGRESS, 19, 1992, Amsterdam. **Anais...** Amsterdam, p.480-484, 1992.

KWAKKEL, R.P. Rearing the layer pullet – A multiphasic approach. In: WISEMAN, J.; GARNSWORTHY, P.C. (Eds.) **Recent development in poultry nutrition**. 2.ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. p.227-249.

- LANA, R.P. **Nutrição e Alimentação Animal: mitos e realidades**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LARBIER, M.; LECLERQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Loughborough: Nottingham University Press, 1994. 305p.
- LEESON, S. Nutrição e qualidade de carcaça de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p. 111-118.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Response of leghorn pullets to protein and energy in the diet when reared in regular or hot cyclic environments. **Poultry Science**, v.68, p.546-57, 1989.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. Guelph: University Books, 1997. 355p.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 3 ed. Guelph: University Books, 2005. 406 p.
- LEHNINGER, A.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5th ed. W. H. Freeman: New York, 2008. 1100p.
- LELIS, G. R. et al. Metabolismo de carboidratos e lipídeos em aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 3, p. 980 – 990, 2009.
- LOPES, R.C.S.O. **Avaliação de fêmures de frangos de corte alimentados com farelo de resíduo de manga**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – MG - 2009.
- MCDUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; WEYERS, J. D. B.; HILLMAN, J. R. Plant Fibres: Chemistry and processing for industrial use. **Journal Science Food Agriculture**, v. 62, n. 1, p. 1 – 20, 1993.
- MCFARLAND, D. C. Influence of growth factors on poultry myogenic satellite cells. **Poultry Science**, v. 78, p. 747 – 758, 1999.
- MACHADO, C. R. Crescimento do tecido adiposo. In: MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aplicada a frangos de corte**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. Cap. 22, p. 290-311.
- MACLEOD, M.G. Modelling the utilization of dietary energy and amino acids by poultry. In: THEODOROU, M.K.; FRANCE, J. (Ed.). **Feeding systems and feed evaluation models**. CABI Publishing, 2000. p.393-412.

- MAISONNIER, S.; GOMEZ, J.; CARRÉ, B. Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum. **British Poultry Science**, v. 42, p. 102-110, 2001.
- MARCATO, S. M. **Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte**. 207 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2007.
- MARTIN, P. A.; BRADFORD, G.; GOUS, R.M.A formal method of determining the amino acid requirements of laying-type pulleys during their growing period. **British Poultry Science**, v.35, p.709-724, 1994.
- MATEOS, G. G., SELL, J. L. Influence do fat and carbohydrate source on rate of food passage of semipurified diets for laying hens. **Poultry Science**, v.60, p.2114-2119, 1981.
- MATEOS, G.G., BLAS, C., REBOLLAR, P.G. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3ª ed.). Madrid: **Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal**. 2010.
- MATEOS, G. G.; JIMENEZ-MORENO, E.; SERRANO, M. P.; LÁZARO, R. P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 156 - 174, 2012.
- MAZZUCO, H. Boas práticas na recria de frangas comerciais. *Produção Animal: Avicultura*. **Revista Avisite**, ano 5, n. 55, p. 10-15, 2011.
- MENDONÇA, B. P. Manejo alimentar de matrizes pesadas. In: Conferência APINCO de ciência e tecnologia avícolas. **Anais...** Curitiba, PR. P. 77 – 90, 1996.
- MERTENS, D. R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: Informational Conference with Dairy and Forages Industries, 1996. **Proceedings...**, US Dairy Forage Resource Center, 1996.81-91p.
- MIGNON-GRASTEAU, S.; BEAMAUNT, C.; RICARD, F. H. Genetic Analysis of a selection experiment on the growth curve of chickens. **Poultry Science**, v. 80, p. 849 – 854, 2001.
- MOLLO, L. **Efeito da temperatura no crescimento, no conteúdo e na composição de carboidratos não-estruturais de plantas *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms (Bromalieceae) cultivadas in vitro**. Dissertação de mestrado - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2009. 90 pag. São Paulo.

- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fiber and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, p. 95 – 117, 2003.
- MONTEIRO, F. **Diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel de grãos de aveia sobre a resposta biológica de ratos**. 2005. 42f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005.
- MORAN JR., E. T. Anatomy, microbes, and fiber: Small versus Large Intestine. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, p. 154 – 160, 2006.
- MORGADO, E.; GALZERANO, L. A Importância dos Carboidratos na Alimentação dos equinos. **REDVET - Revista Eletronica de Veterinaria**: 2008, Vol. IX, No 10. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008/101008.pdf>. Acessado em 15 out. 2009.
- MOSENTHIN, R.; HAMB RECHT, E.; SAUER, W.C. Utilisation of different fibres in piglet feeds. In: **Recent Developments in Pig Nutrition** 3ª Ed. P.C. Gransworthy and J. Wiseman. Nottingham University Press. 2001.
- MOSS, F. P. The relationship between the dimensions of the fibers and the number of nuclei during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. **American Journal of Anatomy**, v. 122, p. 555 – 564, 1968.
- MOURINHO, F. L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 2006. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- NAFIKOV, R. A., BEITZ, D. C. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 702–705, 2007.
- NAGASHIRO, C. Enzimas en la nutrición de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2007, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2007. P. 309-328.
- NASCIMENTO A. H.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, M. F. M.; RUNHO, R. C.; Uso de farelo de canola em rações para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 6, p. 1168 – 1176, 1998.
- NASCIMENTO, A. Lisina – principal aminoácido para a deposição proteica. **Aveworld**, v. 1, p. 56 – 60, 2003.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; FUKAYAMA, E. H.; FREITAS, E. R.; FIALHO, F. B.; RESENDE, K. T. de; FERNANDES, J. B. K. Curvas de crescimento e deposição de componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1091-1100, 2006.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

NUNES, I. J. **Nutrição Animal Básica**. Belo Horizonte: FEP – MVZ Editora, 1998. 387 p.

PEARSON, R. A.; HERRON, K. M. Effects of maternal energy and protein intake on the incidence of malformations and time of death during incubation. **British Poultry Science**, v. 23, p. 71 – 77, 1982.

PÉRTILE, S. M. N. **Parâmetros genéticos para defeitos de pernas, características de desempenho e carcaça em frangos de corte**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2011.

PIZAURO JR., J. M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aplicada a frangos de corte**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. Cap. 2, p. 247-265.

PHILIP, J.S.; GILBERT, H.J.; SMITHARD, R.R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poltry Science**, v.36, p.599-605, 1995.

PRAES, M. F. F. M. **Efeito de dietas fibrosas com redução de proteína bruta para poderias comerciais visando a diminuição do impacto ambiental**. Dissertação - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2010.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, L. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory Study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 67, n. 6, p. 1044 – 1052, 1984.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, L. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 75, p. 360–367, 1992.

RAMA RAO, S. V.; REDDY, M. R.; PRARHARAJ, N. K.; SUNDER, G. S. Laying performance of broiler breeder chickens fed various millets or broken rice as source of energy at a constant nutrient intake. **Tropical Animal Health Production**, v.32, p. 329 – 338, 2000.

- RAMOS, T. A.; SILVA, B. K. R. da; OLIVEIRA FÚNIOR, J. M.; SHIBATA, T. M. M.; WARPECHOWSKI, M. B. Determinação da viscosidade aplicada real em aveia com utilização de viscosímetro BROOKFIELD LDVDII+ com CP401. In: ZOOTECH 2007 – CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 17; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE ENSINO DE ZOOTECNIA, 13., 200. **Anais...** Londrina. A zootecnia frente a novos desafios: anais. Londrina: UEL / ABZ, 2007. 1 CD.
- RICKE, S. C.; WOODWARD, C. L.; KWON, Y. M.; KUBENA, L. F.; NINBET, D. J. Limiting avian gastrointestinal tract Salmonellacolonization by cecal anaerobic bacteria and a potential role for methanogens. Pages 141–150 in Preharvest and Postharvest Food Safety: Contemporary Issues and Future Directions. R. C. Beier, S. D. Pillai, T. D. Phillips, and R. L. 2004.
- RICKEFS, R.E. Modification of growth and development of muscles in poultry. **Poultry Science**, v.64, p.1563-1576, 1985.
- RODRIGUEIRO, R. J. B. **Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas em crescimento**. 188 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- RODRIGUEZ-PALENZUELA, P. GARCIA, J.; DE BLAS, C. Fibra soluble y su implicacion en nutricion animal: enzimas y probioticos. In: Curso de Especializacion FEDNA, 14, 1998, Barcelona. **Curso de Especialización**. Barcelona: FEDNA, p.229 – 239, 1998.
- ROSA, A. P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. In: VIII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2007, Chapecó. **Anais...** Chapecó: Núcleo Oeste de Médicos Veterinários, 2007. p. 102 – 115.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; B ARRETO, S. L. de T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N. K. Exigências nutricionais das aves utilizando o método fatorial. In: Simpósio Internacional Sobre exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 319-334.

SAKOMURA, N.K.; BENATTI, M.R.B.; BASAGLIA, R.; NEME, R.; LONGO, F. A. Avaliação de equações de predição de exigências energéticas na alimentação de frangas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.575-584, 2004.

SANTOS JUNIOR, A.A.; FERKET, P. R.; GRIMES, J. L.; EDENS, F. W. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poult. **International Journal of Poultry Science**, v.3, n.1, p.33-45, 2004.

SANTOS, A. L. D. **Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais**. 165 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, 2008.

SCHEIDELER, S. E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fibersource, and enzyme supplementation effectsonpullet gut morphology and, subsequent growth, nutrient utilization, layerperformance. **J. Appl. Poult. Res.** v.7, p.359-371. 1998.

SCOTT, M.L., NESHEIM, M. C. Protein and amino acids. IN:**Nutrition of Chicken**. p.58 a 118, 1982.

SILVA, J. H. V. da; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; EUCLYDES, R. F. Exigência de lisina para aves de reposição de 7 a 12 semanas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1786 – 1794, 2000.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed., Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, C. R. Desempenho e deposição de nutrientes em frangos de corte alimentados com diferentes níveis dietéticos de lisina. 228 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2012.

SMITH, J. H. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. **Poultry Science**, v. 42, p. 283 – 290, 1963.

STRINGHINI, J. H.; JARDIM FILHO, R. M.; CAFÉ, M. B.; PEDROSO, A. A.; CARVALHO, F. B.; MATOS, M. S. Nutrição no período Pré-postura, Pico e Pós-Pico de poedeiras comerciais. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2005. Santos, **Anais...** Santos – SP, FACTA, 2005, P. 171- 189.

STURKIE, P.D. **Avian physiology**.4.ed. New York: Springer - verlag, 1986.

SUNVOLD, G. D.; HUSSEIN, H. S.; FAHEY, J. C.; MERCHEN, N. R.; REINHART, G. A. In vitro fermentation of cellulose,beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal

inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p. 3639–3648, 1995.

TRINDADE NETO, M. A.; PETELINCAR, I. M.; BERTO, DA. A. et al. Níveis de lisina para leitões na fase inicial 1 do crescimento pós-desmame: composição corporal aos 11,9 e 19,0 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1777 – 1789, 2004.

THOLON, P.; QUEIROZ, S. A. de. Modelos matemáticos utilizados para descrever curvas de crescimento em aves aplicadas ao melhoramento genético animal. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2261 – 2269, 2009.

VAN DER AAR, P. J.; FAHEY, G. C.; RICKE, S.; et al. Effects of dietary fibers on mineral status of chicks. **Journal of Nutrition**, v. 113, p. 653-661, 1983.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

VARGAS, G. D.; DIONELLO, N. L.; BRUM, P. A. R.; RUTZ, F.; FIALHO, F. B. Modelo de simulação de crescimento e desenvolvimento de frangos de corte: descrição e implementação. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, 2005.

WATKINS, B. A.; LIPPMAN, H. E.; LE BOUTEILLER, L.; LI, Y.; SEIFERT, D. M. F. Bioactive fatty acids: role in bone biology and bone cell function. **Progress in Lipid Research**, v.40, p.125-148, 2001.

WARPECHOWSKI, M. B.; CIOCCA, M. de L. S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutro de ingredientes isolados e misturados. In: 34ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997, v. 4, p. 187 – 190.

WARPECHOWSKI M. B.; CIOCCA, M. L. S. Effect of dietary insoluble fiber on retention of solid and liquid phases of digest of intact, cecectomized and ileum fistulated broiler. In: POULTRY SCIENCE ASSOCIATION MEETING, Newark, 2002. **Proceedings...** 91th PSA Meeting. Abstract 324. Newark: PSA. P. 76.

WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 179 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – 2005.

WARPECHOWSKI, M. B.; PINHEIRO, C. C.; CIOCA, M. L. S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutro em palhas de trigo. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 38 – 41, 2005.

WELLS, R.G. Pullet feeding systems during rearing in relation to subsequent laying performance. **Recent Advances in Animal Nutrition**, p. 185 – 202, 1980.

WILSON, H. R. Interrelationships of eggs size, chick size, posthatching growth and hatchability. **World's Poultry Science Journal**, v. 47, n. 1, p. 5 – 20, 1991.

WILS-PLOTZ, E. L.; DILGER, R. N. Combined dietary effects of supplemental threonine and purified fiber on growth performance and intestinal health of young chicks. **Poultry Science**, v. 92, p. 726 – 734, 2013.

CAPÍTULO II

CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE COMPONENTES CORPORAIS EM FRANGAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN) nas rações de frangas de duas linhagens comerciais de aves de postura, no período de 7 a 17 semanas de idade, sobre a curva de crescimento corporal e das penas e a deposição de componentes na carcaça. Foram utilizadas 648 aves de cada linhagem, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, composto de três níveis de FDN (14,5; 16,5 e 18,5%) e duas linhagens (Lohman LSL e Hy Lin Brown) com quatro repetições de 54 aves. Semanalmente, foram avaliados o peso corporal, o peso da pena e a composição corporal de proteína, cinzas e água. As curvas de crescimento foram determinadas aplicando-se os dados na função de Gompertz. Não houve interação entre a linhagem e o nível de FDN da ração, para os parâmetros da equação de Gompertz determinados, para todas as características avaliadas. Os níveis de FDN da ração influenciaram significativamente nos parâmetros da curva de crescimento para peso corporal e deposição de água, de modo que o nível de 14,5% de FDN possibilitou maior peso corporal e de deposição de água à maturidade (Pm), maior idade de máximo crescimento (t*) e menor taxa de maturidade (b) que os demais níveis testados. Por sua vez, as deposições de proteína e matéria mineral corporais não foram influenciadas significativamente pelo nível de FDN da ração. Entre as linhagens, observou-se que as aves leves, apresentaram menor taxa de maturidade (b) e menor peso à maturidade (Pm), sem apresentar diferenças significativas na idade de máximo crescimento (t*). Os parâmetros para a deposição de proteína e cinzas na carcaça não variaram significativamente, enquanto, as aves leves apresentaram menores estimativas de taxa de maturidade (b) para a deposição de água corporal em relação às aves semipesadas. Assim, O nível de FDN da ração de recria pode ser utilizado para modificar a curva de crescimento das frangas leves e semipesadas, podendo-se controlar o ganho de peso corporal pelo aumento do seu nível na ração em nível superior a 14,5%, sem alterar a deposição de água, matéria mineral e proteína na carcaça até o nível de 18,5%. Embora as poedeiras semipesadas da linhagem avaliada apresentem maior potencial de crescimento corporal e das penas em relação às leves, essa aves são semelhantes quanto à proporção de proteína e matéria mineral depositada na carcaça

Palavras-chave: fase de crescimento, frangas, fibra em detergente neutro, equação de Gompertz

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of different levels of neutral detergent fiber (NDF) in diets for hens of two commercial layer lines in the period from seven to 17 weeks of age on the body and feather growth curve and deposition of components in the carcass. A total of 648 birds of each line were distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial arrangement consisting of three levels of NDF (14.5, 16.5, and 18.5%) and two lines (Lohman LSL and Hy Lin Brown), with four replicates of 54 birds. Body weight, feather weight, and body composition of protein, ash, and water were evaluated weekly. The growth curves were determined by applying the data in Gompertz function. No interaction between line and dietary level of NDF was detected for the parameters of the Gompertz equation determined for any of the evaluated traits. Dietary levels of NDF influenced the growth curve parameters for body weight and water deposition significantly, wherein the level of 14.5% NDF allowed for greater body weight and deposition of water at maturity (P_m), higher age at maximum growth (t^*), and lower maturity rate (b^*) than the other tested levels. The deposition of body protein and mineral matter, however, were not influenced significantly by the dietary NDF level. Between the lines, the white-egg layers showed a lower maturity rate (b) and lower weight at maturity (P_m), but there were no significant differences for age of maximum growth (t^*). The parameters for the deposition of protein and ash in the carcass did not vary significantly, whereas the white-egg layers showed lower estimates of maturity rate (b) for water deposition in the body in comparison with the brown-egg layers. Therefore, the level of NDF in the post-weaning diet can be used to modify the growth curve of white- and brown-egg layers, and body weight gain can be controlled by increasing this level in the diet to an amount greater than 14.5% without altering the deposition of water, mineral matter, and protein in the carcass up to 18.5%. Although the brown-egg layers of the evaluated line show greater potential for body and feather growth than the white-egg layers, both are similar regarding the proportion of protein and mineral matter deposited in the carcass.

Key-words: growth phase, laying hens, FDN, Gompertz function

INTRODUÇÃO

Como resultado dos programas de melhoramento genético, progressos significativos no desempenho das linhagens de poedeiras comerciais têm sido obtidos, sendo estas aves cada vez mais produtivas. No entanto, estas aves tornam-se mais precoces a cada ano, com adiantamento da idade em que atingem a maturidade sexual, o que dificulta o estímulo ao consumo de ração e a obtenção de peso corporal adequado após a fase de cria e/ou recria (MENEZES et al., 2009).

Dessa forma, a formação da franga passou a ser fundamental para o seu desempenho na fase de produção, quando as aves devem apresentar ao final da fase de crescimento peso corporal adequado, garantindo condições corporais para possibilitar a expressão de todo o potencial genético para a produção de ovos (BRAZ et al., 2011). Vários fatores interferem no desenvolvimento da capacidade produtiva de uma poedeira, principalmente os aspectos relacionados ao manejo de formação da franga. Dentre eles destaca-se o programa alimentar, imprescindível para alcançar as metas de desenvolvimento corporal das aves. Assim, é de extrema importância atender às exigências nutricionais no período anterior à fase de postura.

Na criação das frangas os programas de alimentação são compostos por três rações destinadas às fases inicial, de cria e recria (MAZZUCO, 2011). À medida que a ave cresce há redução dos níveis nutricionais das rações, principalmente nas recomendações em energia metabolizável e proteína bruta. Esta prática, além de ser uma tentativa de evitar o ganho de peso excessivo das aves, permite a adição de alimentos fibrosos nas rações de crescimento (SCHEIDELER et al., 1998).

Entretanto, é comum a recomendação de baixos níveis de fibra em rações para aves jovens, já que esta interfere no consumo de ração, na digestibilidade de nutrientes e no

desempenho das aves (BRAZ et al., 2011). Diversos autores têm sugerido que a inclusão de quantidade moderada de fibra na ração, em torno de 2,5% de FB, pode ter benefícios no desenvolvimento do trato digestório, na digestão de nutrientes e na eficiência alimentar na fase de crescimento (SCHEIDELER et al., 1998; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007). Dentre os benefícios podemos citar o aumento no tempo de retenção da digesta na parte superior do trato digestório, que melhora a função da moela, estimula a produção de HCl no proventrículo e reduz o pH na parte superior do trato (JIMENEZ MORENO et al., 2010; MATEOS et al., 2012). A redução do pH beneficia a ativação da pepsina e melhora a disponibilidade de fontes minerais (VAN DER AAR et al., 1983).

A utilização de alimentos fibrosos na alimentação das aves apresenta vantagens como o atendimento de cerca de 25 a 30% das exigências nutricionais, a disponibilidade em épocas do ano em que há redução na oferta de grãos e o alto nível de proteína de algumas espécies vegetais. Isso possibilita a redução de custos (SEGUNDO et al., 2006; HARDER et al., 2007).

Scheideler et al. (1998) observaram que a adição de fibra pela inclusão de aveia na ração de frangas teve efeitos benéficos no desenvolvimento dos órgãos do trato digestório, na digestão de nutrientes e na eficiência alimentar na fase de crescimento. Araújo et al. (2008), ao trabalhar com níveis de farelo de trigo para poedeiras comerciais semipesadas na fase de recria, observaram redução no peso vivo final das aves em 1,14 gramas com o aumento de 1% no nível de inclusão do farelo de trigo nas rações, havendo ainda retardo no início da postura e aumento no peso inicial dos ovos em relação às dietas convencionais.

Nesse sentido, o uso das fontes de fibra nas dietas pode ser uma ferramenta de manejo para retardar o crescimento das aves, proporcionando as mesmas maior período de tempo para obter o desenvolvimento corporal ideal durante a fase de crescimento, o que favorece a obtenção de maiores pesos corporais até a maturidade sexual.

Diante do exposto, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos da fibra em detergente neutro (FDN) das rações oferecidas às frangas de duas linhagens comerciais de postura, no período de 7 a 17 semanas de idade, sobre a curva de crescimento corporal e das penas e a deposição de componentes na carcaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará. Para a condução do experimento, foram adquiridas 1.600 pintainhas de um dia, sendo metade de uma linhagem leve (Lohman LSL) e a outra metade de uma linhagem semipesada (Hy Line Brown). As aves foram alojadas em galpão convencional para criação em piso até a sexta semana de idade e receberam manejo segundo recomendações contidas no manual de cada linhagem. Após a sexta semana, as aves foram pesadas e selecionadas para obtenção de parcelas experimentais com peso médio uniforme, segundo recomendações propostas por Sakomura e Rostagno (2007).

Para condução do experimento foram utilizadas 1.296 aves, sendo 648 aves da linhagem Lohman LSL (leve) e 648 aves da linhagem Hy Line Brown (semipesada). As aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, composto de três níveis de FDN e duas linhagens, com quatro repetições de 54 aves. Os níveis de FDN testados foram 14,5; 16,5 e 18,5%.

Durante a fase de recria, as aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com 50 cm x 50 cm x 45 cm. O número total de aves de cada parcela (54 aves) foi dividido de acordo com a capacidade da gaiola em nove aves por gaiola, o que corresponde a 250

cm²/ave. Cada gaiola dispunha de comedouro tipo calha em chapa galvanizada e bebedouro tipo *nipple*.

Diariamente, às 8 e 16 h, durante todo o período experimental, a temperatura e umidade relativa do ar dentro do galpão foram medidas com termômetro de máxima e mínima e psicrômetro, respectivamente. No final do experimento, foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e os valores de umidade relativa do ar.

Para a formulação das rações (Tabela 1), foi considerada a composição dos alimentos apresentadas por Rostagno et al. (2011) e as exigências nutricionais das aves contidas nos manuais de manejo. Devido as semelhanças entre os valores de exigências nutricionais propostas para cada fase de criação das linhagens utilizadas no experimento, utilizou-se a mesma ração para ambas as linhagens. As rações foram formuladas para serem isonutritivas, exceto quanto ao nível de FDN.

Semanalmente, as aves e as rações foram pesadas para determinação do peso corporal médio, do ganho de peso e do consumo médio por ave de cada parcela. Em seguida foram coletadas duas aves com o peso médio de cada parcela experimental (24 aves por linhagem), separadas em gaiolas e submetidas a jejum de 24 horas para esvaziamento do trato gastrointestinal. As aves receberam apenas água (à vontade) e, após o jejum, foram abatidas por deslocamento cervical, depenadas e pesadas novamente para determinação do peso das penas. As carcaças foram congeladas, serradas com serra de fita e trituradas em moinho de carne industrial de 15 cv por três vezes para melhor homogeneização das amostras. Da amostra total foram retiradas sub-amostras de ± 250 gramas, que foram acondicionadas em bandejas plásticas e posteriormente secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas, sendo processadas em moinho tipo bola para as análises laboratoriais. Foram realizadas as

determinações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e cinzas, conforme metodologias propostas por Silva e Queiroz (2002).

Tabela 1. Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais utilizadas para poedeiras comerciais na fase de crescimento.

Ingrediente	1 a 6 semanas	Nível de FDN (%)					
		7 a 12 semanas			13 a 17 semanas		
		14,50	16,50	18,50	14,50	16,50	18,50
Milho	64,00	60,57	57,36	48,59	61,07	58,92	55,10
Farelo de soja	32,00	23,13	21,51	24,79	19,55	17,86	16,34
Farelo de trigo	0,00	10,63	17,04	20,50	11,75	17,88	24,42
Óleo de soja	0,00	0,00	0,34	2,39	0,00	0,00	0,52
Inerte (areia lavada)	0,00	1,88	0,00	0,00	3,94	1,69	0,00
Fosfato monobicálcico	1,84	1,58	1,51	1,44	1,55	1,48	1,42
Calcário	1,34	1,51	1,54	1,56	1,55	1,58	1,61
Sal comum	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37
DL-Metionina	0,07	0,14	0,14	0,14	0,07	0,07	0,07
Suplemento vitamínico + Mineral ¹	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suplemento vitamínico ²	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ⁴	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCL	0,00	0,05	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada							
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.920	2.800	2.800	2.800	2.750	2.750	2.750
Proteína bruta (%)	20,10	17,50	17,50	17,50	16,00	16,00	16,00
Fibra bruta (%)	3,14	3,50	3,92	4,38	3,40	3,80	4,23
Fibra em detergente neutro (%)	11,84	14,50	16,50	18,50	14,50	16,50	18,50
Fibra em detergente ácido (%)	4,68	5,07	5,56	6,05	4,90	5,40	5,91
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disponível (%)	0,47	0,43	0,43	0,43	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Lisina total (%)	1,05	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80
Metionina total (%)	0,48	0,41	0,41	0,41	0,30	0,30	0,30
Metionina + cistina total (%)	0,81	0,71	0,71	0,71	0,60	0,60	0,60
Treonina total (%)	0,78	0,66	0,66	0,66	0,60	0,60	0,60
Triptofano total (%)	0,25	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19
Ácido linoleico (%)	1,45	1,48	1,69	2,74	1,50	1,50	1,89

1 Suplemento vitamínico mineral (composição por kg do produto): vit. A - 1.775.000 UI; vit. B12 - 2.280 mcg; vit. D3 - 450.000 UI; vit. E - 2.275 mg; vit. K - 325 mg; ácido fólico - 113 mg; niacina - 5.750 mg; piridoxina - 450 mg; colistina - 1.750 mg; roboflavina - 1.125 mg; tiamina - 450 mg; pantotenato de cálcio - 2.275 mg; colina - 66.000; biotina - 11,30 mg; antioxidante - 500 mg; silicato - 10.000 mg; cobalto - 25,00 mg; cobre - 2.500 mg; ferro - 6.250 mg; iodo - 260 mg; manganês - 13.000 mg; metionina - 225 g; selênio - 45,00 mg; zinco - 11.100 mg.

2 Suplemento vitamínico crescimento (composição por kg do produto): vit. A - 6.000.000 UI; vit. D3 - 2.000.000 UI; vit. E - 12.000 mg; vit. K3 - 2.000 mg; vit. B1 - 2.200 UI; vit. B2 - 5.000; vit B6 - 2.300 mg; vit. B12 - 12.000 mcg; niacina - 28.000 mg; ácido fólico - 600 mg; ácido pantotênico - 11.000 mg; antioxidante - 15 mg; biotina - 20 mg; selênio - 200 mg.

2 Suplemento mineral (composição por kg do produto): manganês - 130.000 mg; zinco - 100.000 mg; ferro - 80.000 mg; cobre - 24.000 mg; iodo - 2.000 g; veículo q.s.p.

Para determinação das curvas de crescimento do peso corporal, peso das penas e da deposição de proteína, água e cinzas na carcaça das aves, os dados coletados foram aplicados na equação de crescimento descrita por Gompertz: $P_t = P_m \cdot \exp \cdot \{ - \exp \cdot [- b \cdot (t - t^*)] \}$,

Em que:

P_t = peso estimado (g) do animal ao tempo t (dias);

P_m = peso (g) à maturidade do animal;

b = taxa de maturidade;

t^* = idade (dias) no ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento é máxima.

Os parâmetros da função de Gompertz foram ajustados aos dados por meio do procedimento PROC NLIN do programa estatístico SAS (2000). Após as estimativas, os dados foram analisados utilizando-se o procedimento ANOVA do SAS (2000) para um modelo fatorial e as médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados obtidos para as estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para o peso corporal das aves leves e semipesadas (Tabela 2), não houve interação significativa entre a linhagem e o nível de FDN da ração. Entretanto, o nível de FDN da ração influenciou significativamente o peso à maturidade (P_m), a taxa de maturidade (b) e a idade de máximo crescimento (t^*) das aves.

O nível de 14,5% de FDN possibilitou maior peso á maturidade (P_m) e idade de máximo crescimento (t^*) e menor taxa de maturidade (b) que os níveis de 16,5 e 18,5% de

FDN. Estes níveis, por sua vez, não diferiram entre si para os parâmetros da curva de crescimento.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso corporal de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN

Ave	Nível de FDN (%)			Média
	14,5	16,5	18,5	
Pm – Peso à maturidade em g				
Leve	1.748	1.589	1.607	1.649b
Semipesada	2.032	1.735	1.683	1.817a
Média	1.890A	1.622B	1.645B	
R ₂	0.99			
b – taxa de maturidade				
Leve	0.020	0.024	0.023	0.022a
Semipesada	0.020	0.024	0.025	0.023b
Média	0.020B	0.024A	0.024 ^a	
R ₂	0.99			
t* – Idade no ponto de inflexão (dias)				
Leve	57.61	53.41	53.91	54.98a
Semipesada	62.65	55.72	54.25	57.54a
Média	60.13A	54.56B	54.47B	
R ₂	0.99			

* Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste t (5%).

* Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste t (5%).

Os parâmetros da equação de Gompertz demonstram que a menor taxa de maturidade (b) das aves alimentadas com 14,5% de FDN resultou em maior tempo para que as aves atingissem suas taxas máximas de crescimento corporal, contribuindo para os maiores pesos corporais à maturidade. Por sua vez, as aves alimentadas com dietas contendo 16,5 e 18,5% apresentaram menor período de tempo ($t^* = 54$ dias) para atingir suas taxas máximas de crescimento ($b = 0.024$), o que resultou em menores pesos corporais a maturidade. Estes resultados indicam que o acréscimo de fibra influenciou negativamente o crescimento das aves. Esse efeito se confirmou na determinação do peso médio, na 17ª semana de idade, que foi de 1435; 1381 e 1376 g/ave para as alimentadas com 14,5; 16,5 e 18,5% de FDN na ração, respectivamente.

Considerando que após a maturidade sexual a poedeira continua crescendo e o peso à maturidade determinado pela função de Gompertz, muitas vezes chamado peso adulto,

aproxima-se do peso preconizado pelos manuais para o início do pico de postura (NEME et al., 2006) e, que o peso adequado das aves ao início do pico de postura pode significar reservas corporais para garantir a persistência da produção e o aumento do tamanho do ovo (KWAKKEL et al., 1998), pode-se inferir que o nível de 14,5% de FDN apresentou efeito satisfatório ao possibilitar a obtenção de pesos corporais superiores no início da fase de postura. Por sua vez, ao promoverem redução no crescimento, os níveis 16,5 e 18,5% de FDN poderão comprometer o desempenho na fase de postura.

As estimativas de peso à maturidade obtidas nesta pesquisa, para ambas as linhagens avaliadas, se aproximaram aos pesos corporais preconizados nos manuais ao início do pico de postura que são de 1700 e 1870 gramas, para as linhagens leves e semipesadas, respectivamente. Segundo Neme et al. (2006) essa similaridade indica a boa assertividade no ajuste da equação de Gompertz.

A redução no crescimento das frangas com o acréscimo de FDN na ração acima de 14,5% pode ser associado aos efeitos prejudiciais na digestão e aproveitamento dos nutrientes da ração com o aumento da fração fibrosa, bem como, às características da fibra do farelo de trigo, que foi utilizado para atingir os níveis FDN. Frequentemente tem sido relatado que a fibra dos alimentos atua como uma barreira física, impedindo que as enzimas digestivas tenham acesso ao conteúdo interno das células; que as propriedades físico-químicas da fibra interferem sobre as características da digesta e do processo de digestão em aves, podendo influenciar de forma negativa a digestibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a eficiência alimentar e o crescimento corporal das aves (BRAZ et al., 2011). Segundo Araújo et al., (2008) ao se adicionar farelo de trigo na ração, deve-se considerar que a fração solúvel da fibra do farelo de trigo contém arabinoxilanas, que podem produzir aumento da viscosidade intestinal, modificar a taxa de trânsito e a taxa de absorção de nutrientes pelas aves.

As aves leves, apresentaram menor taxa de maturidade (b) bem como menor peso à maturidade (Pm), porém sem apresentar diferenças significativas sobre a idade de máximo crescimento (t^*) em relação as aves semipesadas. Existem diferenças nas curvas de crescimento para peso corporal entre as linhagens modernas de poedeiras, sendo as linhagens marrons as que apresentam maior peso corporal em comparação às linhagens brancas, o que foi confirmado com os resultados obtidos para o peso á maturidade das linhagens. Entretanto, considerando que as aves de linhagem branca, normalmente, são consideradas mais precoces e, assim, apresentam maior taxa de maturidade e alcançam o peso adulto mais rapidamente (NEME et al., 2006), isso não se confirmou plenamente, pois, embora o tempo de máximo crescimento tenha sido numericamente menor para as aves da linhagem leve avaliada, estas apresentaram menor estimativa de taxa de maturidade.

Os resultados variáveis para as estimativas dos parâmetros da curva de crescimento entre as linhagens de mesma categoria de peso ou de categorias diferentes podem associados às características de crescimento impostas pelos programas de melhoramento de cada linhagem. Dessa forma, Knizetová et al. (1991) relataram diferenças nas estimativas dos parâmetros da curva de crescimento de diferentes linhagens de poedeiras Leghorn. Por sua vez, Neme et al. (2006) relataram diferenças nos parâmetros da curva de crescimento entre as linhagens leves e semipesadas avaliadas, entretanto, a linhagem Hysex White foi mais tardia entre as linhagens leves e os parâmetros da curva de crescimento se aproximaram dos estimados para as aves da linhagem Hyline Brown. Diferenças entre o crescimento de poedeiras semipesada e leves, também, foram relatadas por Gyenis et al. (2008).

As estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para o peso das penas das aves estudadas estão apresentadas na Tabela 3. Não houve interação significativa entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz

para peso das penas das aves. Entretanto, houve diferenças significativas entre as linhagens, enquanto, os níveis de FDN da ração não influenciaram as estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para esta variável.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso das penas de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN

Linhagem	Nível de FDN (%)			Média
	14,5	16,5	18,5	
Pm – Peso à maturidade em g				
Leve	99.31	99.28	96.13	98.24b
Semipesada	138.53	143.57	121.23	134.44 ^a
Média	118.92	121.43	108.68	
R ₂	0.99			
b – Taxa de maturidade				
Leve	0.053	0.054	0.057	0.055 ^a
Semipesada	0.035	0.032	0.040	0.036 ^b
Média	0.044	0.043	0.048	
R ₂	0.99			
t* – Idade no ponto de inflexão (dias)				
Leve	52.04	51.51	50.29	51.28b
Semipesada	61.13	65.07	59.03	61.74 ^a
Média	56.58	58.29	54.66	
R ₂	0.99			

* Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste t (5%).

As aves leves apresentaram menor peso a maturidade (98,24 g), maior taxa de maturidade (0,054) e maior precocidade (10 dias) para peso das penas em comparação as aves semipesadas. Ao relacionar estes dados aos dados de peso corporal das aves, percebe-se que as aves semipesadas apresentam maior densidade de penas que as leves. Neme et al. (2006) ao avaliar diferentes linhagens de aves de postura, observou que as aves marrons (semipesadas) apresentaram maiores quantidades de penas em comparação às aves brancas (leves).

As estimativas da equação de Gompertz para a deposição de proteína na carcaça estão descritas na Tabela 4. De acordo com os resultados, não houve interação entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição protéica. Também, não houve influência significativa dos níveis de FDN utilizados nas rações, assim como da linhagem

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de proteína na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN

Linhagem	Nível de FDN (%)			Média
	14,5	16,5	18,5	
	Pm – Peso à maturidade em g			
Leve	721.24	693.40	680.45	696.28
Semipesada	735.84	719.74	673.73	707.40
Média	728.54	706.57	677.09	
R ₂	0.99			
	b – Taxa de maturidade			
Leve	0.016	0.017	0.017	0.016
Semipesada	0.017	0.018	0.018	0.018
Média	0.017	0.017	0.018	
R ₂	0.99			
	t* – Idade no ponto de inflexão (dias)			
Leve	84.87	82.39	81.96	82.91
Semipesada	81.17	80.74	76.89	79.46
Média	83.02	81.57	79.42	
R ₂	0.99			

A idade em que há maior deposição de proteína na carcaça (t*) para as linhagens estudadas nesta pesquisa variou entre 79 a 83 dias, por volta de 11 semanas de idade. Os resultados encontrados na presente pesquisa estão de acordo com os relatados por Sakomura et al. (2002) que afirmaram que a maior deposição de proteína na carcaça das aves ocorre entre 7 e 12 semanas, período em que há maior desenvolvimento do tecido muscular. Na fase de recria, que ocorre entre 13 a 18 semanas, ainda há deposição de proteína para compor os tecidos que formam o sistema reprodutor, porém em menor taxa diária de deposição (SAKOMURA et al., 2002).

Os efeitos negativos do aumento no nível de FDN nas rações sobre as estimativas dos parâmetros para o peso corporal das aves, não se repetiram para as estimativas de deposição de proteína na carcaça. Isso provavelmente ocorreu por que houve aproveitamento da proteína da ração suficiente para garantir a deposição de proteína na carcaça das aves, mesmo com o aumento de fibra na ração. É importante ressaltar que, embora o aumento do nível de fibra na ração possa reduzir a digestão e absorção de todos os nutrientes da ração, o aumento da fração solúvel da fibra prejudica mais o aproveitamento dos lipídeos (HETLAND et al. 2004),

contribuindo significativamente para reduzir a energia metabolizável da ração. Assim, a menor disponibilidade de energia implicará em menor crescimento, sem que necessariamente ocorra alteração na composição corporal.

Semelhante aos efeitos relatados nessa pesquisa, Gyenis et al. (2008) e Santos et al. (2013) relataram influência dos programas de alimentação no peso corporal das frangas, sem alteração na quantidade de proteína depositada na carcaça. A ausência de diferença significativa entre os parâmetros de deposição de proteína estimados para a linhagem leve e semipesada diverge dos relatados por Neme et al (2006) que obtiveram maior deposição de proteína corporal para as aves semipesadas. Segundo os autores, considerando que a variação na percentagem de proteína nas penas e na carcaça foi pequena entre as linhagens, a diferença na deposição da proteína corporal foi associada a quantidade de proteína depositada nas penas, visto que as linhagens semipesadas apresentaram maior proporção de pena. Entretanto, Gyenis et al. (2008) e Santos et al. (2013) relataram que as frangas da linhagem leve apresentaram maior proporção de proteína corporal em relação as frangas semipesadas.

As estimativas da equação de Gompertz para a deposição de água na carcaça estão descritas na Tabela 5. Não houve interação entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz, para a deposição de água na carcaça. Entretanto, houve influência significativa dos níveis de FDN das rações sobre as estimativas de todos os parâmetros da equação de Gompertz para esta variável, enquanto, entre as linhagens houve diferença significativa, apenas, para a taxa de maturidade.

O nível de 14,5% de FDN resultou em maior peso à maturidade (P_m) para a deposição de água na carcaça, maior idade de máximo crescimento (t^*) e menor taxa de maturidade (b) em relação aos demais níveis de inclusão de FDN, os quais não diferiram entre si para os parâmetros da curva de crescimento.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de água na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN

Linhagem	Nível de FDN (%)			Média
	14,5	16,5	18,5	
Pm – Peso à maturidade em g				
Leve	1395.02	1120.96	1211.61	1257.78
Semipesada	1427.64	1112.03	1154.14	1231.27
Média	1411.33A	1115.86B	1178.77B	
R ₂		0.99		
b – Taxa de maturidade				
Leve	0.014	0.018	0.016	0.016a
Semipesada	0.017	0.021	0.019	0.019b
Média	0.015B	0.019A	0.017 ^a	
R ₂		0.99		
t* – Idade no ponto de inflexão (dias)				
Leve	88.16	73.73	79.14	81.12
Semipesada	83.64	69.59	71.67	74.97
Média	85.90A	71.36B	74.87B	
R ₂		0.99		

* Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste t (5%).

* Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste t (5%).

O aumento na estimativa de Pm para a deposição de água na carcaça com o nível de 14,5% (Tabela 5), coincide com o aumento na estimativa de Pm para peso corporal com o mesmo nível de inclusão de FDN (Tabela 2). Assim, o aumento nas estimativas de Pm para o peso corporal das aves observado nesta pesquisa pode ser, em parte, relacionado ao aumento na deposição de água na carcaça.

As aves leves apresentaram menores estimativas de taxa de maturidade (b) para a deposição de água corporal em relação às aves semipesadas, entretanto não houve diferença para os demais parâmetros da equação de Gompertz para esta variável. Assim, a diferença na taxa diária de deposição de água entre as linhagens não é suficiente para resultar em diferentes pesos a maturidade (Pm) ou idade de máxima deposição (t*). Segundo Gous et al. (1999), as linhagens de poedeiras podem apresentar diferentes taxas de deposição de componentes corporais, o que influenciará diretamente a composição corporal da ave.

A idade de máxima deposição de água na carcaça (t*) para as linhagens estudadas nesta pesquisa variou entre 71 a 85 dias, por volta de 11 semanas de idade, período

semelhante à idade de máxima deposição de proteína na carcaça. Há uma relação direta entre o aumento da quantidade de água corporal que ocorre em período semelhante ao de maior síntese de proteína orgânica, uma vez que a água participa diretamente das reações de alongamento da cadeia polipeptídica, sem a qual não seria possível a formação da proteína corporal (TRINDADE NETO et al., 2004; CABRAL et al., 2012).

As estimativas da equação de Gompertz para a deposição de cinzas na carcaça estão descritas na Tabela 6. De acordo com os resultados obtidos, não houve interação entre as linhagens e os níveis de FDN utilizados nas rações. Também não houve efeito significativo dos níveis de FDN das rações ou da linhagem das poedeiras nas estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para esta variável.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de cinzas na carcaça de aves leves e semipesadas, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de FDN

Linhagem	Nível de FDN (%)			Média
	14,5	16,5	18,5	
Pm – Peso à maturidade em g				
Leve	64.18	65.64	69.32	66.67
Semipesada	67.73	64.36	66.30	66.35
Média	65.95	65.13	67.81	
R ₂		0.99		
b – Taxa de maturidade				
Leve	0.020	0.018	0.017	0.018
Semipesada	0.020	0.020	0.020	0.020
Média	0.020	0.019	0.018	
R ₂		0.99		
t* – Idade no ponto de inflexão (dias)				
Leve	73.13	73.69	78.07	75.28
Semipesada	71.37	70.52	71.63	71.30
Média	72.25	72.42	74.85	
R ₂		0.99		

Além da redução sobre a digestão e absorção dos nutrientes, o aumento de fibra na dieta pode reduzir a disponibilidade dos minerais, pela forte capacidade de ligação iônica da fibra insolúvel com elementos minerais, que resulta na formação de quelatos e, conseqüentemente, redução na disponibilidade do mineral (ARRUDA et al., 2003; WARPECHOWSKI, 2005). Nesse contexto, como não houve efeito dos níveis de FDN sobre as estimativas para a deposição de

cinzas corporais e que esta depende da disponibilidade de minerais a partir da dieta, pode-se afirmar que a ingestão e o aproveitamento de nutrientes foram suficientes para proporcionar adequada deposição de cinzas na carcaça das aves.

Assim como na presente pesquisa, Santos et al 2013 relataram que o programa de alimentação recebido pelas frangas não influenciou a deposição de cinzas corporais de aves leves e semipesadas. Entretanto, Gyenis et al. (2008) relataram que a deposição de cinzas na carcaça de poedeiras semipesada foi prejudicada por uma alteração no programa de alimentação e o mesmo não ocorreu para a linhagem leve.

Conforme os resultados obtidos, não foram observadas diferenças significativas para a deposição de cinzas na carcaça entre as linhagens avaliadas. Estes resultados diferem dos observados por Neme et al. (2006), que verificaram que as aves semipesadas apresentaram peso a maturidade para a deposição de cinzas superior ao obtido para as aves leves. Entretanto, Gyenis et al. (2008) e Santos et al. (2013) relataram que as frangas da linhagem leve e semipesada não deferiram quanto a proporção corporal de cinzas.

Nesta pesquisa, não foi possível ajustar a curva de crescimento pela equação de Gompertz para a deposição de gordura na carcaça. Tendo em vista que há aumento na deposição de gordura na carcaça com o aumento na idade da ave, e que esta é depositada com mais intensidade próximo a maturidade sexual, talvez, fosse necessário avaliar a composição corporal por um maior período de tempo. Por outro lado, Kwakkel et al. (1995) relataram que os valores para a quantidade de gordura depositada no corpo de frangas em crescimento apresentam uma grande variação, enquanto, os determinados para proteína, cinzas e água variam menos. Dessa forma, é possível que a variação entre os valores de composição em gordura pode ter contribuído para o não ajuste da curva de crescimento pra essa variável.

Embora as reservas de gordura sejam importantes para atender a demanda de energia após o início da postura, aves obesas ao inicia de sua vida produtiva tenderão a acumular mais

gordura durante o ciclo de produção, o que pode vir a comprometer a produção de ovos. Dessa forma, uma quantidade de tecidos isentos de gordura (proteína, água e cinzas) é necessária antes da maturidade sexual para garantir um bom desempenho (KWAKKEL et al. (1995). A esse respeito é importante destacar que a composição da carcaça das aves ao final da fase de crescimento (17^a. Semana de idade) não variou significativamente entre os níveis de FDN testados, obtendo-se, respectivamente, para os níveis de 14,5, 16,5 e 18,5% de FDN os valores de: 34,55, 34,60 e 34,50% e proteína bruta; 17,39; 17,12 e 17,26% de extrato etéreo e 3,53; 3,57 e 3,54% de cinzas.

Vale ressaltar, que a linhagem leve avaliada nesta pesquisa é uma das que apresenta o maior peso corporal da categoria. Dessa forma, a semelhança de pesos corporais entre as linhagens avaliadas pode ter contribuído para que não tenha sido possível observar diferenças significativas nas estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição de proteína e cinzas na carcaça. Os valores das estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição de nutrientes na carcaça de aves leves e semipesadas determinados por Neme et al. (2006) tenderam a se aproximar com a aproximação dos pesos corporais das categorias.

CONCLUSÕES

O aumento de 14,5% para 18,5% no nível de FDN da ração de recria (7 a 17 semanas de idade) pode ser utilizado para modificar a curva de crescimento de aves leves e semipesadas, sem modificar a proporção de proteína e matéria mineral depositada na carcaça.

Com o nível de 14,5% de FDN na ração de recria (7 a 17 semanas de idade) é possível a obtenção de aves com maior peso corporal à maturidade.

Embora as poedeiras semipesadas da linhagem avaliada apresentem maior potencial de crescimento corporal e das penas em relação às leves, essas aves são semelhantes quanto à proporção de proteína e matéria mineral depositada na carcaça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; TEIXEIRA, E. N. M.; FILHO, J. J.; RIBEIRO, M. L. G. Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 67 - 72, 2008.
- ARRUDA, A. M. V.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, p.181-190, 2003.
- BRAZ, N. de M.; FREITAS, E. R.; BEZERRA, R. M.; CRUZ, C. E. B.; FARIAS, N. N. P.; SILVA, N. M. da; SÁ, N. L.; XAVIER, R. P; de S. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras comerciais nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2744 – 2753, 2011.
- CABRAL, C. H. A.; ALMEIDA, D. M.; MARTINS, L. S.; MENDES, R. K. V. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos no turnover proteico: deposição e degradação de proteína muscular. **Enciclopedia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1185 – 1203, 2012.
- GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; JIMENEZ-MORENO, E.; LAZARO, R.; MATEOS, G. G. Effect of Type of Cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on

productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1705 – 1715, 2007.

GYENIS, J. The effect of the different dietary supply of the pullets on the growth and production traits of the different layer hybrids kept in cage and alternative housing system. 38 f. 2008. Tese (Doutorado em produção de aves), Kapósvár University, Faculdade de Ciência Animal, Kapósvár, 2008.

HARDER, M. N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 102, p. 339 - 342, 2007.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SHIVUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science**, v. 60, p. 415-422, 2004.

JIMENEZ MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; GONZALEZ-SANCHEZ, D.; LAZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, p. 2197 – 2212, 2010.

KNÍŽETOVÁ, H.; HYANEK, J.; KNÍŽE, B.; ROUBÍČEK, J. Analysis of growth curves of fowl. I. Chickens. **British poultry science**, v. 32, n. 5, 1027-1038, 1991.

KWAKKEL, R. P.; VAN ESCH, J. A. W.; DUCRO, B. J.; KOOPS, W. J. Onset of lay related to multiphasic growth and body composition in the white leghorn pullets provided ad-libitum and restricted diets. **Poultry Science**, v. 74, n.5, p. 821-832, 1995.

KWAKKEL, R. P.; HOF, G.; ZANDSTRA, T.; DUCRO, B. J. Diphasic allometric growth of some skeletal bones and the digestive tract in White Leghorn pullets consuming ad libitum and restricted diets. **Poultry Science**, v. 77, n. 6, p. 826 – 833, 1998.

MATEOS, G. G.; JIMENEZ-MORENO, E.; SERRANO, M. P.; LAZARO, R. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 156 – 174, 2012.

MAZZUCO, H. Boas práticas na recria de frangas comerciais. **Revista Avisite**, ano 5, n. 55, p. 10-15, 2011.

MENEZES, P. C.; CAVALCANTE, V. F. T.; LIMA, E. T. Aspectos produtivos e econômicos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes densidades de alojamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2224 - 2229, 2009.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; FUKAYAMA, E. H.; FREITAS, E. R.; FIALHO, F. B.; RESENDE, K. T.; FERNANDES, J. B. K. Curvas de crescimento e deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1091 – 1100, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. – Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011, 252 p.

SAKOMURA, N. K.; BASAGLIA, R.; RESENDE, K. T. Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 2247 – 2254, 2002.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. 2007. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep. 283 p.

SCHEIDELER, S. E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology, and subsequent layer performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p.359-371. 1998.

SEGUNDO, L. F. de F.; ARARIPE, M. N. B. A.; LOPES, J. B. Substituição do farelo de soja pelo feno da folha de leucena na alimentação de alevinos de Tilápia. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 2, 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 165p.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **Users guide: statistics**. Version 8. Cary: SAS Institute, 2000. v.2, 1452p.

TRINDADE NETO, M. A.; PETELINCAR, I. M.; BERTO, D. A. BERTO, D. A.; SCHAMMASS, E. A.; BISINOTO, K. S.; CALDARA, F. R. Níveis de lisina para leitões na fase inicial – 1 do crescimento pós-desmame: Composição corporal aos 11,9 e 19,0 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1777-1789, 2004.

VAN DER AAR, P. J.; FAHEY, G. C.; RICKE, S.; et al. Effects of dietary fibers on mineral status of chicks. **Journal of Nutrition**, v. 113, p. 653-661, 1983.

WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 179 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – 2005.

CAPÍTULO III

CURVAS DE CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DE COMPONENTES NOS OSSOS DE FRANGAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de níveis crescentes de fibra em detergente neutro (FDN) nas rações de frangas de duas linhagens comerciais de aves de postura, no período de 7 a 17 semanas de idade, sobre a curva de crescimento e deposição de componentes na tíbia e no fêmur. Foram utilizadas 648 aves de cada linhagem, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, composto de três níveis de FDN e duas linhagens com quatro repetições de 54 aves. Os níveis de FDN testados foram 14,5; 16,5 e 18,5%. Semanalmente, foram avaliados o peso dos ossos, o comprimento, e a composição dos ossos em proteína, cinzas e água. As curvas de crescimento foram determinadas aplicando-se os dados na função de Gompertz. Não houve interação entre linhagem e nível de FDN da ração sobre os parâmetros da equação de Gompertz determinados para todas as características avaliadas. Os níveis de FDN não influenciaram significativamente os parâmetros da curva de crescimento para o peso e o comprimento da tíbia e do fêmur, assim como, as estimativas dos parâmetros para a deposição de água, proteína e cinzas da tíbia e do fêmur das aves. Não houve diferença entre as linhagens nos parâmetros estimados para o comprimento da tíbia e do fêmur, peso da tíbia, deposição de proteína e cinzas da tíbia. Entretanto, para o peso do fêmur, deposição de proteína no fêmur e deposição de água na tíbia, as aves leves apresentaram maior peso à maturidade (P_m) e valor da idade de máximo crescimento (t^*) e menor valor na taxa de maturidade (b) em comparação as aves semipesada, as quais apresentaram maior peso à maturidade (P_m) e valor da idade de máximo crescimento (t^*) e menor valor na taxa de maturidade (b) em comparação as aves leves, para deposição de água no fêmur. Conclui-se que o aumento no nível de FDN da ração de recria (7 a 17 semanas de idade) de 14,5% para 18,5% não modifica a curva de crescimento e a deposição de componentes da tíbia e do fêmur de aves leves e semipesadas, que divergem no desenvolvimento dos ossos quanto ao peso e deposição de água e proteína no fêmur.

Palavras chave: frangas, fêmur, fibra em detergente neutro, Gompertz, tíbia

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of increasing levels of neutral detergent fiber (NDF) in diets for hens of two commercial layer lines in the period from seven to 17 weeks of age on the growth curve and deposition of components in the tibia and femur. A total of 648 birds of each line were distributed in a completely randomized experimental design in a 3×2 factorial arrangement consisting of three levels of NDF and two lines, with four replicates of 54 birds. The tested NDF levels were 14.5, 16.5 and 18.5%. Bone weight and length and composition in protein, ash, and water were evaluated weekly. Growth curves were determined by applying the data in the Gompertz function. No interaction between line and level of NDF in the diet was found on the parameters of the Gompertz equation determined for any of the evaluated traits. The levels of NDF did not affect significantly the growth curve parameters for weight and length of tibia and femur, or the estimates of the parameters for deposition of water, protein, and ash of the birds' tibia and femur. There was no difference between the lines in the estimated parameters for length of tibia and femur, tibia weight, and deposition of protein and ash in the tibia. However, for femur weight, deposition of protein in the femur, and deposition of water in the tibia, the white-egg layers showed greater weight at maturity (P_m), higher age of maximum growth (t^*), and lower maturity rate (b) as compared with the brown-egg layers, which, in turn, had greater weight at maturity (P_m), higher age of maximum growth (t^*), and lower maturity rate (b) for deposition of water in the femur. In conclusion, increasing the dietary NDF level for the post-starter phase (seven to 17 weeks of age) from 14.5% to 18.5% does not modify the growth curve or deposition of components of the tibia and femur of white- and brown-egg layers, which differ as to the development of bones regarding weight and deposition of water and protein in the femur.

Key words: laying hens, femur, FDN, Gompertz function, tibia.

INTRODUÇÃO

A produção avícola vem apresentando um crescimento acelerado nas últimas décadas, principalmente devido aos avanços genéticos, nutricionais e de manejo. O desempenho de poedeiras comerciais é uma das áreas de destaque do Brasil, que está entre os maiores produtores mundiais de ovos (FREITAS et al., 2012). A evolução genética das poedeiras, produziu aves mais produtivas, com menor peso corporal e baixo consumo de ração (GARCIA, 2005). O aumento da pressão genética de seleção tem promovido excelentes resultados de produção porém, resultou em alguns problemas como a redução da massa óssea estrutural das aves (ALMEIDA PAZ et al., 2008; SANTOS, 2008).

Nesse sentido, o estudo do crescimento dos tecidos muscular e ósseo é essencial visto que a composição corporal durante e ao final da fase de criação, tem importante papel na maturidade fisiológica e sexual das aves de postura (NEME et al., 2006). No entanto, para que o desenvolvimento muscular ocorra de forma adequada, há necessidade de uma boa sustentação, proporcionada pela estrutura óssea. Dessa forma, o desenvolvimento dos ossos e músculos devem estar associados, para que ocorra um bom desenvolvimento do animal (MARCATO et al., 2009).

Assim, o manejo de formação da franga é imprescindível para garantir, dentre outras metas, o bom desenvolvimento ósseo, empenamento e formação do aparelho reprodutor (MORETTI, 1992). Dentre os fatores que influenciam a formação da franga, está o programa alimentar, que é essencial para alcançar as metas de desenvolvimento corporal. Assim, faz-se necessário atender às exigências nutricionais no período anterior à fase de postura, para evitar a redução no crescimento da ave, permitir a formação de reservas energéticas e o acúmulo de minerais no esqueleto, uma vez que essas condições são essenciais para manter a produtividade das aves durante a fase de postura (MORETTI, 1992).

As aves poedeiras apresentam problemas de bem-estar associados à osteoporose, devido à progressiva perda óssea consequente da limitação de movimentos e parcial inatividade das aves alojadas em sistemas de gaiolas. Adicionalmente, as reservas de cálcio para deposição na casca dos ovos encontram-se no esqueleto e, devido às altas taxas de postura durante um longo período de tempo, aves em final de produção mostram esqueleto bastante fragilizado e altamente susceptível a fraturas.

Fatores nutricionais também contribuem com a perda da densidade óssea das aves, tendo em vista que à medida que a ave cresce há redução dos níveis nutricionais das rações, principalmente nas recomendações em energia metabolizável e proteína bruta. Esta prática, além de ser uma tentativa de evitar o ganho de peso excessivo das aves e reduzir a mortalidade devido ao canibalismo, contribui para a adição de alimentos fibrosos nas rações de crescimento (SCHEIDELER et al., 1998; AERNI et al., 2000; EL-LETHEY et al., 2000).

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de esclarecer os efeitos da utilização da fibra na alimentação das aves sobre o desempenho (BEDFORD, 1995), a digestibilidade dos nutrientes (PANIGRAHI, 1992; RODRIGUEZ-PALENZUELA et al., 1998; WARPECHOWSKI et al., 2005; GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007; BRAZ et al., 2011), o desenvolvimento e funcionamento do trato digestório (SCHEIDELER et al., 1998; MORAN JR., 2006; JIMENEZ MORENO et al., 2010), e os resultados têm demonstrado que a utilização da fibra em rações para aves, pode ter benefícios no desenvolvimento do trato digestório e na eficiência alimentar na fase de crescimento. Entretanto, existem muitas questões a serem esclarecidas sobre o uso de fibra na alimentação das aves, principalmente em relação aos seus efeitos sobre o desenvolvimento do tecido ósseo.

Scheideler et al. (1998) observaram que a adição de fibra na ração de crescimento para frangas reduziu a digestibilidade de cálcio e fósforo, resultando na maior excreção desses minerais para o ambiente. Rath (2000), descreveram que níveis mais elevados de celulose na ração das aves podem interferir sobre a absorção de cálcio no intestino, levando a uma hipocalcemia sanguínea que, por sua vez, pode contribuir para uma redução do desenvolvimento ósseo ou da resistência óssea.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da fibra em detergente neutro (FDN) nas rações oferecidas às frangas de duas linhagens comerciais, no período de 7 a 17 semanas de idade, sobre a curva de crescimento e a deposição de componentes da tíbia e do fêmur.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, localizada em Fortaleza – Ceará. Foram adquiridas 1.600 pintinhas de um dia, sendo 800 aves de uma linhagem leve (Lohman LSL) e 800 aves de uma linhagem semipesada (Hy Line Brown). Na fase inicial, até a sexta semana, as aves foram alojadas em galpão convencional para criação em piso e receberam manejo segundo recomendações contidas no manual de cada linhagem para a fase. Após a sexta semana, as aves foram pesadas e selecionadas para obtenção de parcelas experimentais com peso médio uniforme, segundo recomendações propostas por Sakomura e Rostagno (2007).

Para condução do experimento foram utilizadas 1.296 aves, sendo 648 aves leves e 648 aves semipesadas. As aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, composto de três níveis de FDN e duas linhagens, com quatro repetições de 54 aves. Os níveis de FDN testados foram 14,5; 16,5 e 18,5%.

Durante toda a fase de recria, as aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com 50 cm x 50 cm x 45 cm. O número total de aves de cada parcela (54 aves) foi dividido de acordo com a capacidade da gaiola em nove aves por gaiola, o que corresponde a 250 cm²/ave. Cada gaiola dispunha de comedouro tipo calha em chapa galvanizada e bebedouro tipo *nipple*.

Diariamente, duas vezes ao dia, as 8 e as 16 h, durante todo o período experimental, a temperatura e umidade relativa do ar dentro do galpão foram medidas com termômetro de máxima e mínima e psicrômetro, respectivamente. No final do experimento, foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e os valores de umidade relativa do ar.

Para formulação das rações (Tabela 1), foram considerados os valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2005) e as exigências nutricionais das aves propostas nos manuais de manejo. Em razão das semelhanças entre os valores de exigências nutricionais propostas para cada fase de criação das linhagens utilizadas no experimento, utilizou-se a mesma ração para ambas as linhagens. As rações da fase experimental foram formuladas para serem isonutritivas, exceto quanto ao nível de FDN.

Semanalmente, de 7 até 17 semanas, as aves foram pesadas para determinação do peso corporal médio e do ganho de peso. Em seguida foram coletadas duas aves com o peso médio de cada parcela experimental (12 aves por linhagem). Após a identificação das aves, estas foram abatidas por deslocamento cervical e foram retiradas as pernas e coxas, identificadas, pesadas e congeladas.

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais utilizadas para poedeiras comerciais na fase de crescimento.

Ingrediente	1 a 6 semanas	Nível de FDN (%)					
		7 a 12 semanas			13 a 17 semanas		
		14,50	16,50	18,50	14,50	16,50	18,50
Milho	64,00	60,57	57,36	48,59	61,07	58,92	55,10
Farelo de soja	32,00	23,13	21,51	24,79	19,55	17,86	16,34
Farelo de trigo	0,00	10,63	17,04	20,50	11,75	17,88	24,42
Óleo de soja	0,00	0,00	0,34	2,39	0,00	0,00	0,52
Inerte (areia lavada)	0,00	1,88	0,00	0,00	3,94	1,69	0,00
Fosfato monobásico	1,84	1,58	1,51	1,44	1,55	1,48	1,42
Calcário	1,34	1,51	1,54	1,56	1,55	1,58	1,61
Sal comum	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37
DL-Metionina	0,07	0,14	0,14	0,14	0,07	0,07	0,07
Suplemento vitamínico + Mineral ¹	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suplemento vitamínico ²	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ³	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCL	0,00	0,05	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100
Composição nutricional calculada							
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.920	2.800	2.800	2.800	2.750	2.750	2.750
Proteína bruta (%)	20,10	17,50	17,50	17,50	16,00	16,00	16,00
Fibra bruta (%)	3,14	3,50	3,92	4,38	3,40	3,80	4,23
Fibra em detergente neutro (%)	11,84	14,50	16,50	18,50	14,50	16,50	18,50
Fibra em detergente ácido (%)	4,68	5,07	5,56	6,05	4,90	5,40	5,91
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disponível (%)	0,47	0,43	0,43	0,43	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Lisina total (%)	1,05	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80
Metionina total (%)	0,48	0,41	0,41	0,41	0,30	0,30	0,30
Metionina + cistina total (%)	0,81	0,71	0,71	0,71	0,60	0,60	0,60
Treonina total (%)	0,78	0,66	0,66	0,66	0,60	0,60	0,60
Triptofano total (%)	0,25	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19
Ácido linoleico (%)	1,45	1,48	1,69	2,74	1,50	1,50	1,89

1 Suplemento vitamínico mineral (composição por kg do produto): vit. A - 1.775.000 UI; vit. B12 - 2.280 mcg; vit. D3 - 450.000 UI; vit. E - 2.275 mg; vit. K - 325 mg; ácido fólico - 113 mg; niacina - 5.750 mg; piridoxina - 450 mg; colistina - 1.750 mg; roboflavina - 1.125 mg; tiamina - 450 mg; pantotenato de cálcio - 2.275 mg; colina - 66.000; biotina - 11,30 mg; antioxidante - 500 mg; silicato - 10.000 mg; cobalto - 25,00 mg; cobre - 2.500 mg; ferro - 6.250 mg; iodo - 260 mg; manganês - 13.000 mg; metionina - 225 g; selênio - 45,00 mg; zinco - 11.100 mg.

2 Suplemento vitamínico crescimento (composição por kg do produto): vit. A - 6.000.000 UI; vit. D3 - 2.000.000 UI; vit. E - 12.000 mg; vit. K3 - 2.000 mg; vit. B1 - 2.200 UI; vit. B2 - 5.000; vit B6 - 2.300 mg; vit. B12 - 12.000 mcg; niacina - 28.000 mg; ácido fólico - 600 mg; ácido pantotênico - 11.000 mg; antioxidante - 15 mg; biotina - 20 mg; selênio - 200 mg.

3 Suplemento mineral (composição por kg do produto): manganês - 130.000 mg; zinco - 100.000 mg; ferro - 80.000 mg; cobre - 24.000 mg; iodo - 2.000 g; veículo q.s.p.

Para remover o fêmur e a tíbia, as pernas e as coxas foram descongeladas, pesadas e imersas em água fervente durante 10 minutos e, em seguida, foram desossadas com auxílio de um bisturi, conforme metodologia descrita por Bruno (2002). Os ossos direito da tíbia e do fêmur foram pesados e colocados numa câmara de ventilação forçada a 55° C durante 72 horas. As amostras foram então removidas da câmara e foram novamente pesadas para

obtenção da matéria pré-seca. Os ossos foram moídos em um moinho de bolas, embalados e rotulados para determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) segundo as metodologias de Silva e Queiroz (2002).

Para determinação das curvas de crescimento e a composição química corporal da tíbia e do fêmur, obtidos semanalmente, os dados coletados foram aplicados na equação de crescimento descrita por Gompertz:

$$P_t = P_m \cdot \exp \{ - \exp [- b \cdot (t - t^*)] \}$$

em que:

P_t = peso estimado (g) do animal ao tempo t (dias);

P_m = peso (g) à maturidade do animal;

b = taxa de maturidade;

t^* = idade (dias) no ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento é máxima.

Os parâmetros da função de Gompertz foram ajustados aos dados por meio do procedimento PROC NLIN do programa estatístico SAS (2000). Após sua estimativa, os dados foram analisados utilizando-se o procedimento ANOVA do SAS (2000) para um modelo fatorial e as médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para o peso da tíbia e do fêmur das aves leves e semipesadas estão apresentados na Tabela 2. Não houve interação ($P < 0,05$) entre linhagem e níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz para estas variáveis. Também não houve influência dos níveis de FDN das rações sobre os parâmetros estimados de peso da tíbia e do fêmur ($P > 0,05$). Entretanto, embora não tenha ocorrido diferença significativa entre as linhagens para os parâmetros da tíbia, observou-se diferença para os parâmetros estimados para o peso do fêmur.

As aves leves apresentaram maior peso à maturidade (P_m), menor valor na taxa de maturidade (b) e maior valor da idade de máximo crescimento (t^*) do fêmur em comparação a ave semipesada. Assim, as aves leves apresentaram maior período de tempo (158 dias) para que fosse obtido o máximo crescimento para o peso do fêmur, em comparação às aves semipesadas (70 dias).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso da tíbia e do fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com diferentes níveis de FDN.

Nível de FDN	Linhagens		Média	Linhagens		Média
	Leve	Semipesada		Leve	Semipesada	
	Tíbia			Fêmur		
	Peso a maturidade (g)			Peso a maturidade (g)		
14,5	9,65	10,16	9,94	34,51	10,00	18,17
16,5	10,54	8,30	9,42	18,36	7,88	11,38
18,5	8,45	8,93	8,77	17,21	12,35	13,97
Média	9,78	9,13		23,37A	10,08B	
R ²	0,99			0,99		
	b – Taxa de maturidade			b – Taxa de maturidade		Média
14,5	0,020	0,030	0,025	0,006	0,019	0,015
16,5	0,018	0,038	0,028	0,009	0,025	0,020
18,5	0,023	0,030	0,028	0,010	0,019	0,016
Média	0,020	0,032		0,009B	0,021 ^a	
R ²	0,99			0,99		
	t* - Idade no ponto de inflexão (dias)			t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média
14,5	64,08	60,42	61,99	216,16	69,36	118,29
16,5	69,43	53,80	61,61	131,97	57,67	82,44
18,5	58,91	55,51	56,64	126,51	84,12	98,25
Média	65,31	56,58		158,21A	70,39B	
R ²	0,99			0,99		

* Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste t (5%).

Os valores das estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para o comprimento da tíbia e do fêmur das aves leves e semipesadas estão apresentados na Tabela 3. Não houve interação ($P > 0,05$) entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz, para estas variáveis. Também, não houve efeito dos níveis de inclusão de FDN nas rações ou das linhagens sobre os parâmetros estimados para o comprimento da tíbia e do fêmur ($P > 0,05$).

Entre os problemas relatados pelo aumento do nível de fibra na alimentação das aves, tem sido relacionados a redução na disponibilidade dos minerais, devido à forte capacidade de ligação iônica entre a fibra solúvel e os elementos minerais, que resulta na formação de quelatos e, conseqüentemente, redução na disponibilidade do mineral (ARRUDA et al., 2003; WARPECHOWSKI, 2005). Assim, considerando que a redução na ingestão ou na digestibilidade dos minerais da ração, principalmente, cálcio e fósforo, problemas no crescimento e na qualidade do tecido ósseo podem vir a ocorrer devido ao aumento da fração fibrosa na ração (RATH et al., 2000). Nesse contexto, como não houve efeito dos níveis de FDN sobre as estimativas para o comprimento e peso do fêmur e da tíbia, pode-se afirmar que

a ingestão e o aproveitamento dos minerais pelas aves alimentadas com até 18,5% de FDN na ração foram suficientes para atender a sua demanda.

A ausência de influência do programa de alimentação recebido pelas frangas sobre os parâmetros de crescimento para ossos longos de frangas Leghorns também foram relatados por Kwakkel et al (1998). Segundo os pesquisadores, a restrição de nutrientes pode prejudicar o crescimento dos ossos dependendo do período em que isso ocorre, sendo os maiores efeitos constatados quando a restrição ocorre em uma fase anterior a 7 ou 8 semanas de idade.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para comprimento da tíbia e do fêmur das aves leves e das semipesadas, alimentadas com diferentes níveis de FDN.

Nível de FDN	Linhagens		Média	Linhagens		Média
	Leve	Semipesada		Leve	Semipesada	
	Tíbia			Fêmur		
	Comprimento a maturidade (mm)			Comprimento a maturidade (mm)		
14,5	128,89	123,29	130,59	84,90	87,68	86,29
16,5	129,09	129,57	129,33	85,96	85,64	85,80
18,5	127,58	129,55	128,57	85,67	85,32	85,50
Média	128,52	130,47		85,51	86,27	
R ²	0,99			0,99		
	b – Taxa de maturidade		Média	b – Taxa de maturidade		Média
14,5	0,026	0,026	0,026	0,026	0,029	0,028
16,5	0,026	0,028	0,027	0,025	0,032	0,028
18,5	0,028	0,029	0,029	0,027	0,034	0,031
	0,027	0,028		0,026	0,031	
R ²	0,99			0,99		
	t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média	t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média
14,5	24,56	26,59	25,57	13,99	19,30	16,65
16,5	25,53	28,01	26,77	13,09	21,46	17,28
18,5	26,82	29,52	28,17	16,93	24,36	20,65
Média	25,64	28,04		14,67	21,71	
R ²	0,99			0,99		

Quanto ao crescimento dos ossos entre as linhagens, observou-se que as aves semipesadas apresentaram maior taxa de crescimento para o peso e o comprimento da tíbia e do fêmur, embora diferença significativa tenha ocorrido apenas para peso do fêmur. Assim, em função da maior taxa de crescimento, as aves semipesadas poderão apresentar ossos mais longos e mais pesados ao final da fase de crescimento, conforme demonstrado por Cruz et al. (2012).

No que se refere ao desenvolvimento e qualidade dos ossos entre as linhagens de poedeira leves e semipesadas, existem vários relatos quanto às diferenças. Segundo Whitehead (2004), esta bem demonstrada à divergência genética no desenvolvimento e

qualidade óssea entre as linhagens de poedeiras e, isto, deve ser considerado nos programas de melhoramento genético. As aves com potencial genético para maior peso corporal podem apresentar ossos maiores e mais resistentes (RATH et al., 2000; BISHOP et al., 2000).

As estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição de proteína na tíbia e no fêmur das aves leves e semipesadas estão apresentados na Tabela 4. Não houve interação ($P > 0,05$) entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz, para esta variável. Também não houve influência dos níveis de FDN das rações sobre os parâmetros estimados para deposição de proteína da tíbia e do fêmur ($P > 0,05$). Entretanto, embora não tenha ocorrido diferença significativa entre as linhagens para os parâmetros da tíbia, observou-se diferença para os parâmetros estimados para a deposição de proteína no fêmur.

Conforme os resultados, as aves leves apresentaram maior peso protéico à maturidade (Pm), menor valor na taxa de maturidade (b) e maior valor da idade de máxima deposição de proteína (t^*) no fêmur em comparação a ave semipesada ($P < 0,05$).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição de proteína na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com diferentes níveis de FDN.

Nível de FDN	Aves		Média	Aves		Média	
	Leve	Semipesada		Leve	Semipesada		
	Tíbia			Fêmur			
Peso a maturidade (g)		Peso a maturidade (g)					
14,5	2,52	2,98	2,78	2,89	2,33	2,57	
16,5	2,23	2,09	2,16	2,65	1,51	2,08	
18,5	2,50	2,53	2,52	2,66	1,71	2,12	
Média	2,40	2,53		2,73A	1,85B		
R ²	0,99			0,99			
b – Taxa de maturidade		Média		b – Taxa de maturidade		Média	
14,5	0,021	0,025	0,024	0,013	0,024	0,019	
16,5	0,028	0,036	0,032	0,019	0,047	0,032	
18,5	0,023	0,025	0,024	0,019	0,033	0,027	
Média	0,024	0,029		0,017B	0,034 ^a		
R ²	0,99			0,99			
t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média		t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média	
14,5	71,92	72,06	72,00	95,93	72,02	82,27	
16,5	67,20	59,08	63,14	88,23	55,15	71,69	
18,5	74,19	65,71	69,34	88,09	59,98	72,02	
Média	70,71	65,62		90,50A	62,38B		
R ²	0,99			0,99			

* Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste t (5%).

As estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a água na tíbia e no fêmur das aves leves e semipesadas estão apresentados na Tabela 5. Não houve interação ($P > 0,05$) entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação

de Gompertz, para estas variáveis. Também não houve influência dos níveis de FDN das rações sobre os parâmetros estimados para deposição de água na tíbia e no fêmur ($P > 0,05$). Entretanto, houve diferença significativa entre as linhagens para os parâmetros da tíbia e do fêmur.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de água na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com diferentes níveis de FDN.

Nível de FDN	Aves		Média	Aves		Média	
	Leve	Semipesada		Leve	Semipesada		
	Tíbia			Fêmur			
Peso a maturidade (g)		Peso a maturidade (g)					
14,5	2,78	1,76	1,96	2,20	2,33	2,27	
16,5	2,55	1,93	1,93	2,21	2,44	2,33	
18,5	2,56	1,51	1,86	2,18	2,35	2,26	
Média	2,63A	1,73B		2,20B	2,37 ^a		
R ²	0,99			0,99			
b – Taxa de maturidade		Média		b – Taxa de maturidade		Média	
14,5	0,008	0,042	0,035	0,012	0,011	0,012	
16,5	0,011	0,063	0,063	0,012	0,011	0,011	
18,5	0,011	0,111	0,077	0,012	0,011	0,012	
Média	0,010B	0,072A		0,012A	0,011B		
R ²	0,99			0,99			
t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média		t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média	
14,5	62,09	45,58	48,88	83,94	89,52	86,73	
16,5	57,81	49,30	49,30	89,52	93,57	89,94	
18,5	57,61	45,01	49,24	84,85	89,90	86,37	
Média	59,17A	46,63B		86,10B	91,00A		
R ²	0,99			0,99			

* Médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste t (5%).

Em relação aos parâmetros estimados para o peso de água na tíbia, as aves leves apresentaram maior peso à maturidade (Pm) e idade de máximo crescimento (t*), e menor valor na taxa de maturidade (b) em relação às aves semipesadas. Assim, as aves leves apresentaram menor taxa de maturidade e foram mais tardias para atingir o máximo crescimento de água na tíbia, o que proporcionou maior peso de água neste osso, em comparação às aves semipesadas ($P < 0,05$). Por sua vez, as aves semipesadas apresentaram maior peso à maturidade (Pm), menor taxa de maturidade (b) e maior idade de máximo crescimento (t*), o que indica que estas aves foram mais tardias para atingir a máxima deposição de água no fêmur, o que proporcionou o maior peso de água neste osso em comparação as aves leves ($P < 0,05$).

Quanto às diferenças entre as linhagens para as estimativas de deposição de proteína e água no fêmur e água na tíbia, pode-se inferir que esse resultado ocorreu em função das características genéticas das aves que determinam padrões de crescimento dos ossos longos

em função da idade e do peso corporal (RATH et al., 2000; BISHOP et al. 2000; APPLGATE e LILBURN, 2002). Por sua vez, as diferenças para as estimativas de deposição de componentes entre a tíbia e o fêmur, podem ser associadas á diferenças de crescimento desses ossos, nas regiões de crescimento linear (epífise) e regiões mais maduras, próximas á diáfise (APPLGATE e LILBURN, 2002).

As estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para a deposição de cinzas na tíbia das aves leves e semipesadas estão apresentados na Tabela 6. Não houve interação ($P > 0,05$) entre as linhagens e os níveis de FDN testados para nenhum dos parâmetros da equação de Gompertz, para esta variável. Também, não houve efeito dos níveis de inclusão de FDN nas rações ou das linhagens sobre os parâmetros estimados para deposição de cinzas na tíbia e no fêmur ($P > 0,05$).

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para deposição de cinzas na tíbia e no fêmur de aves leves e semipesadas, alimentadas com diferentes níveis de FDN.

Nível de FDN	Aves		Média	Aves		Média
	Leve	Semipesada		Leve	Semipesada	
	Tíbia			Fêmur		
	Peso a maturidade (g)			Peso a maturidade (g)		
14,5	3,62	3,47	3,53	2,82	2,82	2,82
16,5	3,31	2,90	3,10	2,51	2,16	2,33
18,5	2,71	3,70	3,37	2,05	1,74	1,89
Média	3,28	3,35		2,46	2,24	
R ²	0,99			0,99		
	b – Taxa de maturidade		Média	b – Taxa de maturidade		
14,5	0,019	0,028	0,024	0,020	0,020	0,020
16,5	0,021	0,031	0,026	0,014	0,028	0,021
18,5	0,023	0,020	0,022	0,011	0,032	0,021
Média	0,021	0,026		0,015	0,026	
R ²	0,99			0,99		
	t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		Média	t* - Idade no ponto de inflexão (dias)		
14,5	75,44	65,91	69,99	72,10	72,70	72,40
16,5	71,05	59,76	65,41	65,14	59,97	62,55
18,5	61,89	71,21	68,10	63,16	55,63	59,40
Média	70,48	65,63		66,80	62,77	
R ²	0,99			0,99		

Além do crescimento, a menor disponibilidade de minerais para a formação do tecido ósseo pode comprometer a sua qualidade (RATH et al 2000). Assim, tendo em vista que alguns pesquisadores comprovaram a redução na digestibilidade de cálcio e fósforo com a adição de fibra na ração (SHEIDELER et al., 1998) devido aos efeitos prejudiciais do aumento da fração fibrosa da ração relatados anteriormente, criou-se a expectativa que o aumento do nível de FDN, de 14,5% para 18,5%, pudesse influenciar a composição da tíbia e

do fêmur das frangas em crescimento, principalmente em cinzas. Entretanto, os resultados obtidos demonstraram que esse efeito não se confirmou.

Embora existam diferenças no desenvolvimento da tíbia e do fêmur, a variação no comprimento desses ossos é função do peso corporal das aves (APPLEGATE e LILBURN, 2002). Entretanto, esse efeito não se confirmou na presente pesquisa, pois embora tenha sido verificado influencia significativa do nível de FDN da ração sobre as estimativas de crescimento corporal das aves não houve influencia do aumento do nível de fibra na ração no crescimento da tíbia e do fêmur.

Considerando que o fêmur é o osso que mais responde às alterações na alimentação e sua mineralização e teor de cinzas refletem o que ocorre para o esqueleto total (APPLEGATE e LILBURN, 2002), podem-se associar os efeitos obtidos para deposição de cinzas na carcaça e nos ossos, uma vez que as estimativas para ambos não variaram em função do nível de FDN da ração e entre as linhagens.

CONCLUSÕES

O aumento de 14,5% para 18,5% no nível de FDN da ração de recria (7 a 17 semanas de idade) não modifica a curva de crescimento e a deposição de componentes da tíbia e do fêmur de aves leves e semipesadas.

Embora as linhagens de poedeiras semipesadas e leves avaliadas sejam semelhantes em responder ao efeito do nível de FDN da ração sobre o comprimento e deposição de componentes da tíbia e do fêmur, elas divergem quanto ao peso e deposição de água e proteína no fêmur.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERNI, V.; EL-LETHEY, H.; WECHSLER, B. Effect of foraging material and food form on feather pecking in laying hens. **British Poultry Science**, v. 41, p. 16 – 21, 2000.
- ALMEIDA PAZ, I. C. L.; MENDES, A. A.; BALOG, A.; VULCANO, L. C.; BALLARIN, A. W.; ALMEIDA, I. C. L.; TAKAHASHI, S. E.; KOMIYAMA, C. M.; SILVA, M. C.; CARDOSO, K. F. G. Study of the bone mineral density fo broiler suffering femoral joint degenerative lesions. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 2, p. 103 – 108, 2008.
- APPLEGATE, T. J.; LILBURN, M. S. Growth of the femur and tibia of a commercial broiler line. **Poultry Science**, v. 81, p. 1289 – 1294, 2002.
- ARRUDA, A.M.V.; LOPES, D.C.; FERREIRA, W.M.; ROSTAGNO, H. S.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, E. S.; SILVA, J. F.; JHAM, G. M. Atividade microbiana cecal e contribuição da cecotrofia em coelhos com rações contendo diferentes níveis de amido e fontes de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.891-902, 2003.
- BEDFORD, M.R. Mechanism of action and potential environmental benefit from the use of feed enzymes **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 145-155, 1995.
- BISHOP, S.C.; FLEMING, R. H.; MCCORMACK, H. A.; WHITEHWAD, C. C.. The inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. **British Poultry Science**, v. 41, p. 33 - 46, 2000.
- BRAZ, N. de M.; FREITAS, E. R.; BEZERRA, R. M.; CRUZ, C. E. B.; FARIAS, N. N. P.; SILVA, N. M.; SÁ, N. L.; XAVIER, R. P. de S. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2744 - 2753, 2011.
- BRUNO, L.G.D. **Desenvolvimento ósseo em frangos de corte:Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente.**72f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2002.
- CRUZ, C. E. B.; FREITAS, E. R.; FARIAS, N. N. P.; XAVIER, N. P. de S.; LIMAS, J. dos S. C.;SÁ, N. L.; BRAZ, N. de M.; BEZERRA, R. M. Bone quality of laying hens fed different levels of fiber in the growth fase (7 to 17 weeks of age). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2032 – 2038, 2012.
- EL-LETHEY, H. AERNI, V.; JUNGJ, T. W.; WECHSLER, B. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. **British Poultry Science** v.41, p.22–28, 2000.

FREITAS, P. O.; CASTRO, C. M.; BEVILAQUA, B.; FERREIRA, P. B.; LOPES, P. R. S. Comparação do desempenho produtivo de três raças de poedeiras de ovos de casca marrom. In: VII Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, SIEPE, 2012. Rio Grande do Sul. **Anais...** Ribeirão Preto: Universidade Federal do Pampa, 2012.

GARCIA, J.R.M. [2005]. Avanços na nutrição da poedeira moderna. Disponível em: <http://www.hylinedobrasil.com.br/files/6_palestra-CBNA.pdf> Acesso em: 6/12/200.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; JIMENEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effect of Type of Cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1705 – 1715, 2007.

JIMENEZ MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D. LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, p. 2197 – 2212, 2010.

KWAKKEL, R. P.; HOF, G.; ZANDSTRA, T.; DUCRO, B. J. Diphasic allometric growth of some skeletal bones and the digestive tract in White Leghorn pullets consuming ad libitum and restricted diets. **Poultry Science**, v. 77, n. 6, p. 826 – 833, 1998.

MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDEZ, J.B.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FURLAN, R.L.; PIVA, G.H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1159-1168, 2009.

MORAN JR., E. T. Anatomy, microbes, and fiber: Small versus Large Intestine. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, p. 154 – 160, 2006.

MORETTI, C.S. Pontos críticos na recria e produção de poedeiras comerciais. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1992, Santos.

NEME, R; SAKOMURA, N. K.; FUKAYAMA, E. H.; FREITAS, E. R.; FIALHO, F. B.; RESENDE, K. T.; FERNANDES, J. B. K. Curvas de crescimento e deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1091 – 1100, 2006.

PANIGRAHI, S. Effects of different copra meals and amino acid supplementation on broiler chick growth. **Brit. Poult. Sci.**, v. 33, p. 683-687, 1992.

- RATH, N.C. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1024-1032, 2000.
- RODRÍGUEZ-PALENZUELA, P. GARCIA, J.; DE BLAS, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. IN: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 14, 1998, Barcelona. **Curso de Especialización**. Barcelona: FEDNA, p.229 – 239, 1998.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2005, 186 p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP, 2007.283p.
- SANTOS, A. L. **Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais**.165 f. Tese (DoutoremZootecnia) - Universidade de São Paulo - 2008.
- SCHEIDELER, S. E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology, and subsequent layer performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p.359-371. 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.165p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **Users guide: statistics**. Version 8. Cary: SAS Institute, 2000. v.2, 1452p.
- WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 179 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – 2005.
- WARPECHOWSKI, M. B.; PINHEIRO, C. C.; CIOCA, M. L. S. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutroerentes palhas de trigo. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 38 – 41, 2005.
- WHITEHEAD, C.C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, v.83, p.193–199, 2004.