

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-graduação**

NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL NA DIETA DE POEDEIRAS

ANDRÉ LUIZ COSTA MACHADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

**BELO HORIZONTE
ESCOLA DE VETERINÁRIA-UFMG
2010**

Machado, André Luiz Costa , 1984 –
M149n Níveis de fósforo disponível na dieta de poedeiras / André Luiz Costa Machado. –
2010.

44 p.: il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Veterinária

Inclui bibliografia

1. Ave Poedeira – Alimentação e rações – Teses. 2. Fósforo na nutrição animal –
Teses. 3. Ovos – Qualidade – Teses. 4. Dieta em veterinária – Teses. I. Lara, Leonardo
José Camargos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III.
Título.

CDD – 636.508 5

“O que me preocupa não é o grito dos maus, mas sim o silêncio dos bons”

(Martin Luther King)

AGRADECIMENTOS

À Deus que me capacitou e tornou isto possível.

À meus pais Hernani e Graça que me incentivaram e serviram de exemplo.

À minhas irmãs Sheilla e Mariana pelo amor, incentivo e presença na minha vida.

À toda a minha família pelo amor incondicional e apoio constante.

À Carol pelo carinho, amor, paciência e por estar sempre ao meu lado.

Ao Professor Baião pelos ensinamentos, orientação, paciência, confiança e oportunidade de trabalharmos juntos.

Ao Professor Leo, pela amizade, orientação, disponibilidade e sábios conselhos.

Ao Professor David Lee Nelson pela disponibilidade e ajuda no teste de resistência dos ovos.

À professora Roselene pela disponibilidade em ajudar nas análises de histologia óssea.

À Professora Silvana pela disponibilidade na realização de testes de qualidade dos ovos.

À Professora Rogéria pela disponibilidade na realização das análises de histomorfometria.

À Professora Fabíola pela disponibilidade na realização das análises fosfatase alcalina no soro.

À Professora Marivalda, Professor Rodrigo e Denise pela disponibilidade na realização de testes de resistência óssea.

Aos grandes amigos, Gugu, Fernandinha, Mateus, Lion, Camilinha, Vitão, Mahatma, Gabi, Redner, Aline, Dudu, William, Flávia e Letícia pelas alegrias, companheirismo e lealdade.

Aos amigos da avicultura (Vanessa, Mariana, Júlia, Roberta, Daniel, Dani, Marília, Chris, Thiago, Cadu, Felipe, Paulas, Carol, Pedro, Fernanda, Gustavo, Rodrigo) pelo convívio feliz e contribuição na execução deste projeto.

À amiga Júlia pelas análises estatísticas.

Professora Ângela pela co-orientação e ensinamentos.

À professora Josiane pelos conselhos e ensinamentos.

Aos amigos da escola (Paula, Kássia, Vivian, Rocha, Gal, Tati, Érika, Luísa, Glenda, Carlos).

À Granja Planalto pelo fornecimento das aves.

À CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudos.

À Escola de Veterinária da UFMG, aos funcionários da Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa” (Warley, Anderson, Iolanda, Renato, Carol, Seu Geraldo, Douglas, Fabiano, Alessandra, Eliane, etc, pela ajuda indispensável e ao colegiado de pós-graduação da EV-UFMG pelo suporte.

Em especial ao funcionário da fazenda Carlos por tornar possível e confiável este experimento.

Às aves que serviram de animal experimental e geraram os dados para este trabalho.

Aos Professores Baião e Stringhini por contribuírem na correção desta dissertação.

À todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Importância do fósforo.....	13
2.2. Fontes de fósforo para poedeiras comerciais.....	14
2.3. Absorção e utilização do fósforo.....	15
2.4. Deficiência e toxicidade do fósforo.....	15
2.5. Atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS)	16
2.6. Efeito do fósforo na qualidade da casca dos ovos.....	17
2.7. Efeito do fósforo na qualidade dos ossos.....	18
2.8. Exigências nutricionais de fósforo para poedeiras.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Condições experimentais.....	21
3.1.1. Local e período.....	21
3.1.2. Aves.....	21
3.1.3. Manejo.....	22
3.1.4. Tratamentos.....	22
3.1.5. Dietas.....	22
3.2. Variáveis analisadas.....	24
3.2.1. Desempenho	24
3.2.1.1. Porcentagem de postura e ovos por ave alojada.....	24
3.2.1.2. Consumo de ração.....	24
3.2.1.3. Conversão alimentar.....	24
3.2.1.4. Taxa de viabilidade.....	24
3.2.1.5. Peso das aves.....	24
3.2.1.6. Peso dos ovos.....	24
3.2.2. Qualidade dos ovos	24
3.2.2.1. Unidades Haugh.....	25
3.2.2.2. Porcentagem de gema, albúmen e casca.....	25
3.2.2.3. Peso específico do ovo	25
3.2.2.4. Resistência da casca à quebra.....	26
3.2.3. Qualidade óssea	26
3.2.3.1. Conteúdo de cinzas dos ossos.....	27
3.2.3.2. Resistência óssea.....	27
3.2.3.3. Índice de Seedor.....	28
3.2.3.4. Histomorfometria óssea.....	28
3.2.4. Atividade da fosfatase alcalina no sangue (AFAS)	28

3.2.5.	Delineamento experimental	29
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1.	Desempenho	29
4.1.1.	Consumo de ração, porcentagem de postura, conversão alimentar, número de ovos por ave alojada e peso do ovo.....	29
4.1.2.	Peso corporal e viabilidade das aves.....	31
4.2.	Qualidade dos ovos	32
4.2.1.	Porcentagem de gema, albúmen e casca e unidades Haugh (UH).....	32
4.2.2.	Peso específico dos ovos.....	33
4.2.3.	Resistência da casca à quebra.....	34
4.3.	Qualidade óssea	34
4.3.1.	Índice de Seedor, resistência do osso à quebra e porcentagem de cinzas nos ossos.....	34
4.3.2.	Porcentagem de trabéculas.....	36
4.4.	Atividade da fosfatase alcalina no sangue (AFAS)	37
5.	CONCLUSÕES	38
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
7.	ANEXOS	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações	23
Tabela 2 -	Efeito dos níveis de fósforo no consumo de ração, porcentagem de postura, conversão alimentar, número de ovos por ave alojada e peso dos ovos das aves.....	30
Tabela 3-	Efeito dos níveis de fósforo no peso das aves ao final do experimento e nos valores de viabilidade de 18 a 50 semanas de idade.....	31
Tabela 4-	Efeito dos níveis de fósforo nas medidas de qualidade dos ovos (porcentagem de gema, albúmen e casca e unidades Haugh).....	33
Tabela 5-	Efeito dos níveis de fósforo no peso específico do ovo.....	33
Tabela 6-	Efeito dos níveis de fósforo nas medidas de resistência da casca do ovo (força para compressão, deformação e firmeza da casca).....	34
Tabela 7-	Efeito dos níveis de fósforo no índice de Seedor, na força máxima para quebra do osso e na porcentagem de cinzas dos ossos.....	35
Tabela 8-	Efeito dos níveis de fósforo na porcentagem de trabéculas das aves com 27 e 50 semanas de idade.....	36
Tabela 9-	Efeito dos níveis de fósforo nos valores de atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS).....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Gaiolas experimentais, cinco aves por gaiola na densidade de 450 cm ² /ave.....	21
Figura 2 -	Equipamento TA.XT2 Texture Analyser utilizado para a realização do teste de fratura por compressão para medir a força da casca dos ovos.....	26
Figura 3-	Aparelho de Teste Universal de Ensaio, modelo DL 3.000 (EMIC) utilizado para a realização do teste de força máxima para quebra do osso.....	27
Figura 4-	Histomorfometria óssea analisada por lâmina com graticula de 121 pontos.....	28
Figura 5-	Peso final das aves de acordo com os níveis de Pd da dieta.....	32
Figura 6-	Índice Seedor de acordo com os níveis de fósforo na dieta de poedeiras.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

AFAS	Atividade da fosfatase alcalina no soro
aP	Available phosphorus
BAAP	Blood activity of alkaline phosphatase
DNA	Ácido desoxirribonucleico
RNA	Ácido ribonucleico
Ca	Cálcio
Ca:P	Cálcio: fósforo
CV	Coefficiente de variação
FCO	Farinha de carne e ossos
P	Fósforo
Pd	Fósforo disponível
UH	Unidades Haugh
NRC	National Research Council
PTH	Paratormônio

RESUMO

Foi conduzido um experimento para avaliar os efeitos de níveis de fósforo disponível (Pd) na alimentação de poedeiras de 18 a 50 semanas de idade, no desempenho, na qualidade dos ovos e dos ossos. As rações foram isonutritivas e isoenergéticas, com exceção dos níveis de Pd. Os tratamentos, definidos pelos níveis de fósforo disponível na ração, foram A= 0,15; B= 0,25; C= 0,35 e D= 0,45% de Pd. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, constituído de quatro tratamentos com seis repetições de 25 aves cada. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para as variáveis de desempenho (consumo de ração, porcentagem de postura, número de ovos por ave alojada, peso dos ovos, viabilidade e conversão alimentar por dúzia de ovos), qualidade dos ovos (Unidades Haugh, porcentagens de gema, albúmen e casca, e resistência da casca), qualidade dos ossos (Resistência do osso à quebra, porcentagem de cinzas e de trabéculas) e atividade da fosfatase alcalina no sangue (AFAS). Houve efeito linear ($P>0,05$; $R^2 = 0,97$) para o peso médio das aves e o maior peso foi obtido para as aves que se alimentaram com a dieta contendo 0,45% de Pd.

Houve efeito quadrático ($P>0,05$; $R^2 = 0,99$) para o índice de Seedor (indicador de densidade óssea) em que os ossos das aves que receberam as dietas com níveis mais altos de Pd apresentaram maior densidade. O tratamento com menor nível de Pd (0,15% Pd) apresentou em análise morfológica da região medular do osso a presença de características sugestivas de osteomalácia, portanto sugere-se a utilização de 0,25% de Pd nas rações de poedeiras. Este nível de Pd foi suficiente para garantir o bom desempenho e assegurar a qualidade dos ovos e dos ossos das aves.

PALAVRAS CHAVE: Poedeiras, níveis de fósforo, desempenho, qualidade dos ovos e qualidade óssea

ABSTRACT

An experiment was carried out in order to evaluate the levels of available phosphorus (aP) in the diets of layers from 18 to 50 weeks, on performance, egg and bone tissue quality. The diets were isonutritious and isoenergetic, except for the levels of aP. The treatments, defined by the levels of available phosphorus in the feed, were A= 0,15; B= 0,25; C= 0,35 e D= 0,45% of aP. The birds were distributed in a completely randomized design, consisting of an experimental unit with four treatments and six replications of 25 birds each. No differences were found ($P>0,05$) between the treatments for the variables of performance (feed intake, percentage of eggs, number of eggs per hen, egg weight, viability, and feed: gain ratio per dozen eggs), egg quality (Haugh units, egg percentages of yolk, albumen and shell, and shell resistance), bone tissue quality (Resistance of the bone to breakage and ash percentage) and blood activity of alkaline phosphatase (BAAP). A linear effect was found ($P>0,05$; $R^2 = 0,97$) for the birds weight, where the birds that were fed with 0,45% of aP had the biggest weight.

There was a quadratic effect ($P>0,05$; $R^2 = 0,99$) for the Seedor's index (indicator of bone density) where the birds that were fed with the biggest level of aP had better bone density. The treatment with less aP (0,15% aP) presented in morphologic analyses of the bone medullary region the presence of osteomalacia, therefore we can suggest that 0,25% aP in layers diets is ideal. This level of aP was enough to guarantee a good performance and ensure the egg and bone tissue quality.

KEY WORDS: Layers, phosphorus levels, performance, egg quality and bone quality.

1. INTRODUÇÃO

A principal função do fósforo (P) para poedeiras nas fases de cria e de recria é a formação óssea e, durante a postura, este mineral é importante para formação da casca dos ovos (Leeson e Summers, 2001).

A suplementação de fósforo representa o terceiro maior custo nas rações das aves e o aumento na disponibilidade deste resulta em redução da necessidade de suplementação, gerando economia ao produtor e redução na poluição ambiental (Sakomura et al., 1993; Faria et al., 2000; Sohail et al., 2001; Couto et al., 2008).

A suplementação do fósforo nas rações é necessária para completar as exigências nutricionais das aves, sendo geralmente realizada utilizando-se o fósforo inorgânico proveniente do fosfato bicálcico ou das farinhas de carne e ossos. Estas últimas apresentam níveis de proteína, de cálcio (Ca) e fósforo muito variáveis. Apesar de diversos trabalhos terem sido realizados ainda há apenas um conhecimento marginal com relação ao nível exigido deste nutriente nas aves (Summers, 1995).

As aves jovens não possuem o intestino grosso desenvolvido e, portanto, apresentam pequeno aproveitamento do fósforo proveniente de vegetais, que segundo Bertechini (1998) possuem biodisponibilidade média de 1/3 do total analisado, sendo dependente do teor de ácido fítico presente. Por outro lado, esses animais, quando adultos, conseguem aproveitar até 50% deste fósforo, pela atuação da fitase, enzima bacteriana presente no intestino grosso.

As recomendações de fósforo para poedeiras em produção são bastante variáveis, sendo os níveis utilizados de 0,15% até 0,50% de fósforo disponível. O excesso de fósforo é excretado pelas aves e pode se tornar um problema ambiental, principalmente em países com pouca extensão territorial, que é o caso dos países europeus, em que o fósforo das excretas já representa um grande problema. No Brasil, país de grande extensão territorial, o fósforo excretado de uma forma geral ainda não é um complicador, com exceção em áreas de grande concentração de criações de animais, cabendo aos nossos pesquisadores e governantes encontrar formas de diminuir esta contaminação, antes que isso possa vir a tornar um problema.

Com este trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de fósforo em dietas para poedeiras no desempenho zootécnico, qualidade dos ovos e dos ossos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Importância do fósforo

O fósforo é essencial para todas as formas de vida na Terra, não apresentando efeitos tóxicos conhecidos. Nas aves, apesar de seu principal papel estar ligado à composição óssea, ele também está envolvido em quase todos os aspectos do metabolismo (Leeson e Summers, 2001; Butolo, 2002).

Cerca de 1% do peso vivo do animal é representado pelo fósforo, sendo que 88% está localizado nos ossos, em combinação com o cálcio, sob a forma de hidroxiapatita, que é responsável pela rigidez das estruturas. Os 20% restantes encontram-se localizados especialmente nas hemácias e nos tecidos muscular e nervoso (Butolo, 2002; Çelebi et al., 2005).

Tem importante papel na coordenação muscular, energia (síntese de ATP), metabolismo de carboidratos, aminoácidos e lipídios, metabolismo do sistema nervoso, química normal do sangue, crescimento do esqueleto e transporte de triglicerídeos. Além disso, o fosfato é parte

importante dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e componente de várias coenzimas (Leeson e Summers, 2001; Leeson e Summers, 2005; Çelebi et al., 2005).

Apesar da importância de suplementação deste mineral na avicultura, a principal preocupação associada à utilização seria seu efeito no meio ambiente. O uso em excesso nas rações animais pode provocar o processo denominado eutrofização de ecossistemas aquáticos (Schaefer et al., 2000). Este problema ocorre quando há uma frequente aplicação de dejetos de aves como fertilizante, elevando sua concentração no solo, ultrapassando assim o nível máximo de fósforo, bem como de nitrogênio, necessário ao desenvolvimento de plantas. A capacidade de adsorção de fósforo pelas partículas do solo se torna saturada e o fósforo passa a ser lixiviado, alcançando o lençol freático. Com isso, ocorre a multiplicação desenfreada de algas, o que prejudica a proliferação de peixes e outros organismos aquáticos.

2.2. Fontes de fósforo para poedeiras comerciais

As fontes de fósforo disponíveis para alimentação animal são a orgânica, encontrada nas proteínas de origem animal e vegetal, e a inorgânica, como os fosfatos bicálcico, monocálcico e monoamônio (Butolo, 2002; Couto et al., 2008).

A principal fonte de fósforo orgânico é a farinha de carne e ossos (FCO) que, devido ao baixo preço no mercado e valor nutritivo em proteína, gorduras e minerais, tem sido muito utilizada na alimentação de poedeiras e frangos de corte. São encontradas no mercado a FCO com 35, 40, 45, 50, 55% de proteína bruta. Quanto menor é a quantidade de proteína bruta na farinha, maior a quantidade de cálcio e fósforo presente, o que incentiva sua inclusão nas fórmulas de ração como fonte deste mineral e conseqüentemente de proteína (Butolo, 2002).

Em termos de crescimento e deposição de cinzas ósseas em aves em crescimento, o fósforo das farinhas de carne são comparáveis em termos de disponibilidade ao fosfato monocálcico (Waldroup e Adams, 1994).

Já o fósforo inorgânico, é extraído de jazidas minerais conhecidas como apatita. Como essas jazidas são consideradas como não renováveis, a produção de fosfatos para alimentação animal é de grande relevância para o futuro da humanidade (Butolo, 2002; Couto et al., 2008).

Os depósitos de fósforo podem ser de origem magmática ou sedimentar. O fósforo de origem magmática (ígnea) apresenta apatita de alta qualidade, portanto, com baixos teores de elementos indesejáveis como ferro, flúor, alumínio e metais pesados. O fosfato de rocha sedimentar apresenta-se contaminado. A biodisponibilidade destes varia de acordo com a fonte (Butolo, 2002).

Para ser utilizado em suplementos minerais e ração, o fosfato passa por processamentos de solubilização e purificação a fim de se apresentar na forma química adequada, ou seja, com elevada biodisponibilidade. Os principais compostos de fósforo disponíveis no mercado são fosfato bicálcico, fosfato monocálcico, fosfato monoamônio e fosfato de rocha, tendo estes biodisponibilidade de 95 a 100%, 120 a 125%, 95 a 100% e 25 a 35%, respectivamente. O fosfato monoamônio é obtido pelo tratamento da amônia com o ácido fosfórico proveniente da apatita e os fosfatos monocálcico e bicálcico pelo tratamento com cálcio. Já o fosfato de rocha passa por um processo de defluorização, a fim de realizar a extração do flúor que é tóxico para a ave quando presente em altas concentrações (Lima, 1995; Leeson e Summers, 2001; Butolo, 2002).

Com relação aos parâmetros produtivos e à qualidade da casca dos ovos de poedeiras, a eficácia do fosfato bicálcico e do monocálcico já está bem estabelecida (Matos et al., 1981; Lesson et al., 1993; Sakomura et al., 1993; Lima, 1995; Faria et al., 2000; Sohail et al., 2001; Couto et al.,

2008; Silva et al., 2008ab). Entretanto, a utilização do fosfato monoamônio e dos fosfatos de rocha ainda é discutível devido à disponibilidade biológica do fósforo, uniformidade da composição, além do elevado teor de flúor que pode ser tóxico e acumulativo para os animais (Vandepopuliere e Lyons, 1992; Sakomura, et al., 1993).

Couto et al. (2008), analisando a utilização de fosfato monoamônio como fonte alternativa de fósforo para poedeiras, não encontraram diferença na produção, peso médio e a massa de ovos, consumo de ração, conversão alimentar e percentual e espessura da casca, quando comparado com o fosfato bicálcico, assegurando sua utilização como fonte alternativa de fósforo. Queiroz et al. (2008) também afirmam que o fosfato monoamônio pode ser utilizado na alimentação de aves, porém, como este não fornece cálcio, implicaria no aumento do nível de inclusão de calcário nas rações.

Os fosfatos de rocha só podem ser utilizados como fonte alternativa de fósforo, quando são utilizados em níveis maiores que 1% de fósforo total, uma vez que apresentam baixa disponibilidade biológica do mesmo (Sakomura et al., 1993; Summers, 1995; Lima, 1995; Couto et al., 2008). Estes quando são utilizados em menores quantidades afetam o desempenho das aves podendo levar até mesmo ao aparecimento de raquitismo (Lourenço et al., 1984).

2.3. Absorção e utilização do fósforo

O cálcio e o fósforo da dieta são absorvidos na sua maior parte no intestino delgado anterior, especialmente no duodeno. A absorção de cálcio e de fósforo é facilitada pelo baixo pH intestinal, que é fundamental para sua solubilidade, o que favorece a maior absorção na área do duodeno, em função de seu baixo pH. A deficiência de fósforo ou desbalanço muito alto na relação cálcio:fósforo (Ca:P) na dieta pode causar raquitismo, porque qualquer um dos dois elementos em excesso precipita o outro no intestino (Leeson e Summers, 2001).

A quantidade absorvida depende da fonte, relação Ca:P, pH do intestino e níveis de cálcio, de fósforo, de vitamina D, de ferro, de alumínio, de manganês e de gordura da dieta. O excesso de ferro, de alumínio ou de magnésio interfere na absorção de fósforo através da formação de fosfatos insolúveis. A absorção de fósforo está diretamente relacionada com a concentração de fósforo na dieta e ocorre por transporte ativo e difusão passiva e a vitamina D, aparentemente, exerce efeito sobre a absorção de fósforo, realçando o fluxo de fosfato através do epitélio gastrointestinal (Pond et al., 1995).

O fósforo pode atravessar a membrana das células intestinais contra um gradiente de concentração na presença de cálcio e necessita de sódio. A absorção do fósforo do trato gastrointestinal é rápida, como demonstrado por estudos com o radioisótopo ^{32}P . Grande parte do fósforo marcado é incorporada aos fosfolipídios nas células da mucosa intestinal (Pond et al., 1995).

De acordo com Leeson e Summers (2005), a biodisponibilidade do fósforo na forma de fitato para aves e suínos é influenciada pela fitase presente na fonte vegetal, pelo pH do trato gastrointestinal e pela relação Ca:P da dieta. As estimativas da biodisponibilidade do fósforo total dos vegetais variam de 20 a 60 %.

Os níveis de fósforo no organismo são regulados pelo paratormônio (PTH) e pela calcitonina. Com baixos níveis plasmáticos de fósforo, o PTH estimula a mobilização de fósforo do osso e aumenta a reabsorção nos rins. O PTH também estimula a produção de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ no rim, que acaba por aumentar a absorção intestinal de fósforo (Leeson e Summers, 2001).

A Calcitonina tem efeito oposto ao PTH, porém, o resultado em aves não é claro quando comparado ao seu efeito em mamíferos. Inibe a reabsorção óssea, sendo as células alvo os osteoclastos. É produzida nas aves por células secretórias que são encontradas em pequenas

glândulas chamadas corpos último branquiais que são separados da tireóide. Já a vitamina D₃ influencia tanto a absorção de fósforo quanto a de cálcio da digesta. Uma baixa deste mineral no organismo induz simplesmente a síntese renal de 1,25 (OH)₂ D₃ diretamente (Leeson e Summers, 2001).

2.4. Deficiência e toxicidade do fósforo

O sinal mais comum de deficiência de fósforo nos animais em crescimento é o raquitismo. Quando a deficiência progride, o apetite desaparece e o crescimento é retardado (Pond et al., 1995).

Nas aves, a deficiência severa resulta em perda de apetite, fraqueza e morte em torno de 10 a 12 dias. Já a deficiência menos severa causa raquitismo e crescimento retardado, mas aparentemente não compromete a disponibilidade de fósforo para a formação de fosfatos energéticos, DNA, RNA e enzimas. Até mesmo durante a inanição, o catabolismo dos ossos libera fósforo suficiente de fosfato orgânico requerido pelo corpo, e ainda elimina grande quantidade pela urina (Sakomura et al., 1993; Leeson e Summers, 2001).

Algumas aves com idade próxima ao pico de produção apresentam fadiga de gaiola (condição causada por deficiência de cálcio), as aves ficam abatidas e relutantes a se levantarem. Devido a natural competição no meio ambiente da gaiola, aves afetadas geralmente se movem para o fundo da gaiola e geralmente morrem por inanição. O fósforo também é muito importante na integridade óssea, e sua deficiência pode acentuar essa condição. É essencial para o preenchimento do cálcio, como CaPO₄, na região medular do osso durante os sucessivos períodos de ativa calcificação óssea. Sem níveis adequados de fósforo na dieta há falha em preencher as reservas medulares de cálcio, e esta situação pode acelerar ou iniciar problemas esqueléticos (Roland e Gordon, 1996; Leeson e Summers, 2001; Silversides et al., 2006).

Níveis muito altos de fósforo disponível vão levar a um declínio na qualidade da casca do ovo, uma vez que pela competição por sítios de absorção, promove a deficiência de cálcio induzida. Devido à isso, altos níveis de fósforo plasmático são geralmente correlacionados com redução da qualidade da casca do ovo. (Keshavarz e Narajima, 1993; Sakomura et al., 1993; Leeson e Summers, 2001).

2.5. Atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS)

As enzimas fosfatases não específicas que atuam na hidrólise dos ésteres do ácido monofosfórico em pH alcalino são denominadas fosfatases alcalinas. Fígado, ossos e intestino são as maiores fontes desta isoenzima (Widmann, 1983). De acordo com Teixeira et al. (2005), a fosfatase alcalina catalisa a hidrólise de ésteres de fosfato, com vida média no sangue de 24 a 48 horas. Sua concentração sérica tem sido amplamente utilizada como marcador da remodelagem óssea. Embora a medida de sua atividade envolva grande variedade de isoenzimas, as quais se originam dos intestinos, rins, pâncreas, placenta, fígado e ossos, as duas maiores fontes desta enzima são o osso (osteoblasto) e o fígado (células endoteliais).

A fosfatase alcalina é uma hidrolase, isto é, uma enzima capaz de remover grupos fosfato de um grande número de moléculas diferentes, incluindo nucleotídeos, proteínas e alcalóides; como o próprio nome sugere, essa enzima é mais ativa em soluções alcalinas. O processo de remoção desses grupos fosfato é denominado defosforilação (Dukes e Swenson, 1996).

De acordo com Furtado (1991), frente à deficiência dietética de cálcio ou de fósforo ocorre queda dos níveis desses elementos no sangue, quando tem início a absorção óssea pelos osteoclastos. Simultaneamente, há necessidade de recomposição das regiões absorvidas do osso,

promovendo aumento progressivo da atividade dos osteoblastos. O osso, então, volta à sua condição normal logo após a normalização da dieta. Os osteoblastos em atividade secretam grande quantidade de fosfatase alcalina que, segundo Dukes e Swenson (1996) e Guyton e Hall (1997), parece atuar aumentando a concentração de fósforo no local, além de ativar as fibras colágenas onde são depositados os sais de cálcio. Parte da fosfatase alcalina é difundida para o sangue, assim sendo, sua atividade tenderá a ser alta durante a fase de crescimento, após fraturas ósseas extensas, em doenças que provoquem destruição óssea e nos casos de deficiência de cálcio ou fósforo na dieta.

A fosfatase alcalina encontrada no soro é resultado da presença de diferentes isoenzimas originadas em diferentes órgãos, com predomínio das frações ósseas e hepáticas. Embora até hoje sua função ainda não esteja bem definida, a fosfatase alcalina parece estar envolvida com o transporte de lipídios no intestino e nos processos de calcificação óssea. Recém-nascidos e animais jovens e, especialmente, aqueles em crescimento, apresentam valores significativamente mais altos do que os adultos, em razão do elevado crescimento ósseo. Aumentos dos níveis séricos podem ser encontrados após refeição com níveis elevados de gordura, devido à elevação da fração intestinal. Em função disso, recomenda-se, portanto, que seja avaliada sempre em jejum (Diagnósticos, 2009).

Boyd et al. (1983) relataram que a atividade da fosfatase alcalina no sangue, medida tanto no soro quanto no plasma, é inversamente proporcional ao nível de fósforo da dieta, constituindo-se em parâmetro potencialmente útil na determinação da biodisponibilidade de fósforo para suínos. Entretanto, Dayrell et al. (1972) lembram que a fosfatase alcalina possui alto coeficiente de variação, o que pode comprometer seu valor como parâmetro de avaliação de alterações metabólicas dos ossos.

2.6. Efeito do fósforo na qualidade da casca dos ovos

Em aves adultas, o maior interesse no metabolismo de cálcio e fósforo relaciona-se com a formação da casca do ovo. Apesar da casca ser constituída essencialmente de carbonato de cálcio, o metabolismo tanto do cálcio quanto do fósforo é importante para o processo de calcificação da casca do ovo, que dura de 20-23 horas (Frost e Roland, 1991; Lesson e Summers, 2005).

A casca do ovo é composta de uma matriz constituída de proteínas e cristais calcícos intersticiais, na proporção de 1:50. A parte mineral é composta por 98,2% de carbonato de cálcio, 0,9% de carbonato de magnésio, e 0,9% de fosfato de cálcio. Consiste de unidades colunares de cristais calcícos, cobertos por uma cutícula (Rodrigues-Navarro et al., 2002; Ordóñez, 2005).

A liberação de cálcio do osso é acompanhada igualmente pela de fósforo, aumentando significativamente o nível desses minerais na corrente sanguínea, que é suficiente para suprir as necessidades das aves. Todavia, o excesso de fósforo (acima de 0,8% Pd) prejudica a liberação de cálcio nos ossos, promovendo a mineralização inadequada da casca (Keshavarz e Narajima, 1993; Lesson e Summers, 2001; Lesson e Summers, 2005).

À medida que a concentração de cálcio na dieta aumenta, há até certo ponto aumento no peso específico do ovo, associado ao aumento plasmático de cálcio e queda do de fósforo (Holder, 1981; Roland e Gordon, 1997; Keshavarz, 2000; Silversides et al., 2006). Lesson e Summers (2001) relatam que o fósforo quando utilizado em quantidades maiores do que a necessária para produção máxima de ovos prejudica a qualidade da casca.

Roland (1986) estabeleceu comentários sobre as possíveis hipóteses envolvidas com a melhoria da qualidade da casca dos ovos, quando da redução dos níveis de fósforo, mas ampla revisão envolvendo vários estudos com este elemento foi realizada por Roland e Gordon (1996).

Segundo Frost e Roland (1991) apesar da maioria dos trabalhos concluírem que os níveis de fósforo marginais (0,15 a 0,25% Pd) não afetam a qualidade da casca, tem sido hipotetizado que baixos níveis estimulam a produção de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, que resulta em maior reabsorção óssea de cálcio e fósforo melhorando assim a qualidade da casca.

Sheideler e Al-Batshan (1994) argumentaram sobre os possíveis benefícios decorrentes da administração de baixos níveis de fósforo nas dietas de poedeiras, porém questionaram sobre o período de tempo que as aves suportariam esses baixos níveis sem apresentar osteoporose. Da mesma forma Roland e Gordon (1996) afirmam que esse tipo de resposta é temporária e existe variação individual na resposta das aves à dieta deficiente em fósforo.

Durante o período em que não há formação da casca, parte do fósforo é dirigida para deposição na gema do ovo e outra combina com o cálcio para ser depositado no osso (Maggioni et al., 1996).

A avicultura de postura comercial registra perdas econômicas significativas devido aos problemas de cascas danificadas ou quebras dos ovos e as cascas quebradas acometem cerca de 6-8% do total de ovos produzidos. A habilidade da casca dos ovos para resistir a forças aplicadas externamente é função de sua força material e estrutural (Hamilton, 1982; Baião e Cançado, 1997; Kesahavarz, 2000).

Algumas técnicas e instrumentos foram desenvolvidos para medir a qualidade da casca dos ovos podendo ser métodos diretos ou indiretos. Como métodos indiretos encontramos o peso específico que é um dos mais usados ultimamente, e deformação não destrutiva em que o ovo é submetido à aplicação de força e a deformação provocada é a usada para determinação da resistência da casca. Como métodos diretos encontram-se a fratura por compressão, por impacto e por punção em que a única variação é a forma de realização da fratura (Hamilton, 1982).

2.7. Efeito do fósforo na qualidade dos ossos

Os ossos representam a maior reserva de mineral do organismo, contendo cerca de 99% do cálcio, 88% do fósforo, 80% do bicarbonato e 50% do magnésio. O cálcio e o fósforo são os principais minerais envolvidos sendo, portanto, importante considerar seus efeitos no desenvolvimento do osso para se estabelecer regimes nutricionais ótimos para as aves. São encontrados na forma de hidroxiapatita e conferem rigidez ao tecido ósseo (Lesson e Summers, 2005).

Deficiências no equilíbrio do cálcio, do fósforo e da vitamina D_3 , na tentativa de diminuir os custos com a ração ou para melhorar a qualidade da casca do ovo podem causar sérios danos à formação do tecido ósseo. Resultam em deficiência estrutural que pode levar a problemas na formação e sustentação do esqueleto, como discondroplasia e raquitismo, mais comuns nas aves em crescimento (Frost e Roland, 1991; Lesson e Summers, 2005). Isto resulta em ossos mais frágeis que são mais suscetíveis a fraturas (Whitehead, 1995).

Em aves maduras, onde há estrógeno circulante há estimulação de formação do osso, mas de um tipo diferente do estrutural formado durante o crescimento. O novo osso denominado osso medular, é do tipo entrelaçado e está formado principalmente sobre a superfície do osso reticulado já existente, dentro da medula dos ossos das patas (ossos longos). A reabsorção por parte dos osteoclastos continua, e o osso medular é construído gradualmente a partir do cálcio e do fósforo liberados do osso reticulado e dos absorvidos da dieta (Rao et al., 1993; Whitehead, 1995).

A função do osso medular é servir como fonte de cálcio e fósforo pela reabsorção osteoclástica, para formação da casca e acredita-se que contribui pouco para a consistência estrutural do osso (Whitehead, 1995).

A qualidade óssea é muito utilizada como indicador de adequação mineral em dietas de aves. A mineralização óssea afeta a força do mesmo, e a pobre mineralização tem sido associada ao maior risco de fraturas (Lesson et al., 1995; Onyango, 2003). Segundo Lesson e Summers (2001), poucas aves quebram seus ossos na gaiola, o maior problema é quando as mesmas são removidas e transportadas para as unidades de processamento. Além disso, pernas fracas geralmente resultam em menor consumo, afetando assim o ganho de peso como também em qualidade e número de ovos produzidos (Onyango, 2003).

Portanto, torna-se necessária a realização de testes para determinar a influência da alimentação na qualidade e na integridade óssea da ave. Encontram-se na literatura diversos métodos para avaliar a qualidade óssea, podendo eles ser invasivos ou não. Métodos invasivos incluem determinação de cinzas ósseas, medidas de resistência do osso à quebra, peso e volume do osso. A densitometria óssea pode ser usada como técnica invasiva e não invasiva e o ultra-som como método não invasivo (Rao et al., 1993; Onyango et al., 2003).

2.8. Exigências nutricionais de fósforo para poedeiras

A exigência de fósforo para galinhas em postura é baixa, principalmente porque há pequena quantidade de fósforo na casca do ovo (North e Bell, 1990). Esse fósforo não está homogeneamente distribuído, pois se encontra mais concentrado nas camadas externas uma vez que é depositado no período final da formação da casca do ovo (Mateos e Beorlegui, 1991).

A necessidade de fósforo da poedeira é altamente associada à de cálcio e à dinâmica do osso medular. Quando há atividade osteoclástica no osso medular, o nível plasmático de fósforo aumenta pela liberação de cálcio e de fósforo do osso. O pico clássico de fósforo plasmático ocorre à noite, quando a atividade medular é maior. A maior quantidade é excretada na urina uma vez que não há necessidade metabólica imediata para este aumento. Portanto como a maioria do fósforo liberado é excretada na urina, a ave necessita de mais fósforo para preencher o osso medular, mesmo quando não há calcificação da casca (Leeson e Summers, 2001).

Segundo Çelebi et al. (2005), a constante evolução genética das aves, assim como as inter-relações entre nutrientes, consumo de ração, nível de energia da dieta, linhagem, sexo e disponibilidade de fósforo das fontes, têm afetado suas exigências nutricionais. Poedeiras podem ser mantidas com níveis marginais de fósforo em termos de produção de ovos e qualidade da casca, e por isso as exigências têm diminuído com os anos. Porém, o nível mínimo efetivo ainda é desconhecido (Roland, 1986).

A produção de ovos, o consumo de ração, o peso corporal e o peso dos ovos de poedeiras podem ser prejudicados por baixos ou altos níveis de fósforo dietético (Miles et al., 1983; Leeson et al., 1993; Sakomura et al., 1995; Summers, 1995; Gordon e Roland, 1998; Faria et al., 2000; e Sohail e Roland, 2002; Casarteli et al., 2003; Costa et al., 2004; Silva et al., 2008a,b). A qualidade da casca dos ovos também pode ser prejudicada por altos (Harms, 1982; Miles et al., 1983; Sakomura et al., 1993; Leeson et al., 1993; Borrmann et al., 2001; Sohail e Roland, 2002; Silva et al. 2008a,b) ou baixos níveis de fósforo dietético (Leeson et al., 1993; Gordon e Roland, 1997; Gordon e Roland, 1998; Boling et al. 2000a,b). Daí a necessidade de se determinar níveis adequados de fósforo para aves em postura visando o ótimo desempenho com qualidade dos ovos.

Nas tabelas de exigências nutricionais (NRC, 1994; Rostagno et al., 2005), as recomendações de fósforo para poedeiras são baseadas na exigência diária de fósforo disponível (Pd) por ave.

Segundo o NRC (1994), as exigências para poedeiras leves são de 0,250 g/ave/dia de Pd, ou seja, 0,25% de Pd, considerando 100 g de consumo de ração/ave/dia. Enquanto que Rostagno et al. (2005) determinaram a exigência de 0,375 g/ave/dia de Pd, ou seja, 0,37% de Pd, considerando 100 g de consumo de ração/ave/dia. Tais dados mostram a disparidade entre as tabelas de recomendações nutricionais para poedeiras em relação às exigências de fósforo.

Vandepopuliere e Lyons (1992), ao utilizarem 0,20% de Pd, observaram que o desempenho das poedeiras foi afetado negativamente quando comparado aos níveis de 0,30 a 0,50% de Pd nas dietas.

Sakomura et al. (1995) estudando diferentes níveis de Pd para poedeiras (0,14; 0,20; 0,26; 0,32; 0,38 e 0,44% Pd), de 31 a 63 semanas de idade, também encontraram efeitos negativos no desempenho (consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar e peso médio dos ovos) quando utilizaram níveis reduzidos de Pd, recomendando níveis acima de 0,32% Pd ou 320 mg Pd/ave/dia, considerando 100 g de consumo de ração/ave/dia. Não se encontrou diferença significativa em relação à qualidade da casca (espessura de casca em mm e da porcentagem de casca em relação ao peso do ovo) para os diferentes níveis de fósforo utilizados. Estes dados foram semelhantes aos de Faria et al. (2000) que utilizaram nível reduzido de fósforo (0,14% Pd) o que comprometeu o desempenho das poedeiras. Porém em nenhum dos dois experimentos a qualidade da casca foi afetada.

Summers (1995), em dois experimentos analisando diferentes níveis de Pd para poedeiras (0,20; 0,30 e 0,40%) de 18 a 64 semanas, não encontrou diferença significativa no desempenho (produção de ovos, consumo de ração, peso médio dos ovos e peso corporal) das galinhas até 32 semanas de idade para os diferentes níveis de fósforo utilizados. No entanto, a partir dessa idade, embora a qualidade da casca e o peso médio dos ovos não terem sido diferentes, foi observado uma redução na produção de ovos utilizando 0,20% de Pd. Porém, cabe ressaltar que o autor assumiu que 50% do fósforo de suas rações a base de milho e farelo de soja estava disponível. Usando o NRC (1994) como tabela de composição de alimentos para calcular a disponibilidade do fósforo, mostrou que o nível de 0,20% de Pd neste experimento, na verdade, continha apenas 0,13% de Pd, o que poderia explicar a queda na produção dos ovos.

Usayran e Balvane (1995) observaram aumento na mortalidade de poedeiras leves no primeiro ciclo de produção quando reduziram os níveis de Pd de 0,5 para 0,12%. Gordon e Roland (1997) constataram mortalidade de 12,5% ao utilizarem dieta deficiente em fósforo com 0,10% de Pd. Resultado também encontrado por Boling et al. (2000a) que encontraram mortalidade significativamente alta (19%) com 0,10% de Pd nas dietas.

Sohail e Roland (2002), ao utilizarem 0,10 a 0,70% de Pd na dieta de poedeiras jovens (21 a 37 semanas de idade) e mais velhas (45 a 53 semanas de idade), obtiveram melhor desempenho das aves ao utilizarem 0,30 a 0,40% de Pd, que corresponderam a 250 a 325 mg Pd/ave/dia. Também verificaram redução no consumo de ração, peso corporal, massa e produção de ovos e aumento da mortalidade com 0,10% de Pd.

Em contraposição às pesquisas citadas anteriormente, há estudos demonstrando a possibilidade de se reduzirem os níveis nutricionais de fósforo nas rações de poedeiras. Van Der Klis et al. (1997) relataram que 0,13 a 0,16% de fósforo disponível foram suficientes para garantir a produção de ovos e outros parâmetros de desempenho adequados para poedeiras de 18 a 68 semanas de idade.

Boling et al. (2000ab) encontraram que 0,15% de Pd (155 a 159 mg Pd/ave por dia) foi adequado para poedeiras de 20 a 60 semanas de idade em dois experimentos.

Snow et al. (2004), em experimento com poedeiras leves de 40 a 56 semanas de idade, com a finalidade de determinar a exigência mínima de fósforo, utilizaram níveis de 0,10; 0,115; 0,125; 0,135; 0,15 e 0,45% de Pd, sendo este último nível utilizado como controle positivo. O tratamento com 0,10% de Pd foi interrompido com 50 semanas de idade pela severa queda na

produção de ovos. O consumo de ração, a produção de ovos, a massa de ovos e o peso corporal foram reduzidos para os demais níveis com baixa disponibilidade de fósforo, exceto para 0,15%, quando comparados a 0,45% Pd. Baseado nesses resultados os autores recomendam 0,18% de Pd ou 198 mg/ave/dia no primeiro ciclo de postura.

Snow et al. (2005), estudando diferentes níveis de Pd (0,10; 0,14 e 0,45%) para duas linhagens de poedeiras (Hy-Line W-36 e Hy-Line W-98) de 20 a 50 semanas de idade, novamente não detectaram diferença significativa na produção de ovos de poedeiras alimentadas com níveis reduzidos de Pd (0,14%), quando comparadas com as que receberam 0,45% de Pd. Comprovando que as exigências nutricionais de fósforo para poedeiras estão sendo superestimadas, podendo tais níveis ser reduzidos.

Segundo Silva et al. (2008b), a utilização de dietas contendo relação cálcio: fósforo disponível de 14:1, ou seja, 4,2% de Ca e 0,30% de Pd sem suplementação de fitase promoveu desempenho satisfatório e excelente qualidade da casca e do osso de poedeiras semipesadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1. Condições Experimentais

3. 1.1. Local e período

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa”, localizada no município de Igarapé – Minas Gerais, no período de 21 de março a 20 de novembro de 2009.

As aves foram alojadas (cinco por gaiola) em galpão de postura convencional não climatizado equipado com gaiolas na densidade de 450 cm²/ave. As parcelas experimentais foram separadas e devidamente identificadas. Cada parcela experimental foi isolada da parcela vizinha por um separador de madeira que impediu que as aves tivessem acesso à ração de outra parcela.



Figura 1- Gaiolas experimentais, cinco aves por gaiola na densidade de 450 cm²/ave

3.1.2. Aves

Foram utilizadas 600 galinhas da linhagem Dekalb White, de 18 a 50 semanas de idades, totalizando 32 semanas. O critério de seleção das aves para o experimento foi o peso corporal (Peso médio: 1,11 Kg às 18 semanas de idade), baseando-se na uniformidade entre as unidades experimentais.

3.1.3. Manejo

O manejo e o programa de vacinação foram os mesmos adotados na referida Fazenda Experimental. O arraçamento foi realizado diariamente e a coleta de ovos quatro vezes ao dia. O programa de luz utilizado foi de 16 horas de luz/dia, sendo de 12 horas de luz natural e 4 horas de luz artificial, fornecida metade pela manhã e o restante no período da noite.

As gaiolas foram equipadas com comedouros tipo cocho de PVC, com alimentação manual e bebedouros do tipo nipple (um bebedouro para duas gaiolas). As aves receberam água e ração à vontade.

3.1.4. Tratamentos

Os tratamentos foram definidos pelos níveis de fósforo disponível (Pd) utilizados conforme descrição abaixo.

Tratamento A: dieta com 0,15 % de Pd

Tratamento B: dieta com 0,25 % de Pd

Tratamento C: dieta com 0,35 % de Pd

Tratamento D: dieta com 0,45 % de Pd

3.1.5. Dietas

As dietas foram isoenergéticas e isonutritivas, exceto para aos níveis de Pd. Para os cálculos dos níveis nutricionais das dietas foram utilizados os dados dos valores nutricionais dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2005). A composição das dietas com seus respectivos valores nutricionais calculados encontra-se na tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas

INGREDIENTES	TRATAMENTOS			
	A	B	C	D
Milho grão	64,10	64,50	63,50	63,50
Farelo de soja 45% PB	25,00	23,50	21,80	20,00
Calcário	9,35	8,990	8,535	7,885
Farelo de trigo	0,00	0,00	1,750	2,800
Sal comum	0,400	0,390	0,370	0,350
Farinha de Carne e Ossos 40% PB	0,850	2,300	3,700	5,100
DL- Metionina	0,110	0,115	0,120	0,125
Suplemento vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Lisina HCl	0,020	0,035	0,055	0,070
Cloreto de colina 60%	0,020	0,020	0,020	0,020
TOTAL (%)	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis Nutricionais				
Cálcio (%)	3,79	3,85	3,87	3,82
EMAn (kcal/kg)	2748	2756	2744	2751
Fósforo disponível (%)	0,15	0,25	0,35	0,45
Fósforo total (%)	0,34	0,44	0,54	0,64
Lisina digestível(%)	0,80	0,79	0,80	0,79
Met + cis digestível (%)	0,60	0,60	0,59	0,59
Metionina digestível (%)	0,35	0,36	0,36	0,36
Proteína bruta (%)	17,0	17,0	17,0	17,0
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18

¹Premix Vitamínico (composição por quilo do produto): Vitamina A 10.000.000 UI, Vitamina D₃ 2.500.000 UI, Vitamina E 15.000 UI, Vitamina K₃ 2.000 mg, Vitamina B₁ 2.000 mg, Vitamina B₂ 4.000 mg, Vitamina B₆ 4.000 mg, Vitamina B₁₂ 15.000 mg, Vitamina C 50.000 mg, Niacina 30.000 mg, Ácido Fólico 500 mg, Ácido Pantotênico 16.000 mg, Biotina 60 mg e BHT 125 mg.

²Premix Mineral (composição por quilo do produto): Manganês 200.000 mg, Zinco 125.000 mg, Ferro 50.000 mg, Cobre 15.000 mg, Iodo 1.880 mg, Selênio 400 mg.

3.2. Variáveis analisadas

3.2.1. Desempenho

3.2.1.1. Porcentagem de postura e ovos por ave alojada

A produção de ovos registrada diariamente foi utilizada para os cálculos de porcentagem de postura e número de ovos por ave alojada, em todo o período experimental. A mortalidade durante a semana foi considerada para o cálculo de produção semanal.

3.2.1.2. Consumo de ração

O consumo de ração foi obtido a partir da quantidade de ração oferecida durante cada semana subtraindo-se a sobra ao final da mesma. Foi calculado o consumo médio diário de acordo com as repetições e os tratamentos, e foi considerado o número de aves mortas na semana para correção dos valores finais.

3.2.1.3. Conversão alimentar

Os dados de conversão alimentar (quilogramas de ração consumida / dúzia de ovos produzidos) foram obtidos dividindo o consumo de ração semanal e a produção acumulada de ovos na semana levando em consideração a mortalidade diária, de acordo com as repetições e os tratamentos.

3.2.1.4. Taxa de viabilidade

A mortalidade diária foi registrada e a porcentagem de mortalidade foi calculada a partir desse valor, calculada a porcentagem de viabilidade de acordo com os tratamentos.

Viabilidade = $100 - \% \text{ de mortalidade}$

3.2.1.5. Peso das aves

Todas as aves de cada repetição foram pesadas no início e no final do período experimental e calculados os pesos médios, de acordo com os tratamentos.

3.2.1.6. Peso dos ovos

Para determinação do peso médio semanal todos os ovos produzidos em um determinado dia foram coletados, identificados de acordo com os tratamentos e pesados.

3.2.2. Qualidade dos ovos

As avaliações de qualidade dos ovos foram realizadas a cada quatro semanas a partir da 22ª semana de idade. Foram utilizados 30 ovos de cada tratamento, tomados ao acaso, sendo coletados cinco ovos de cada uma das seis repetições. As avaliações foram feitas com os ovos do dia da postura. Os mesmos ovos foram utilizados para todas as avaliações de qualidade.

As análises de qualidade foram: Unidades Haugh (UH), porcentagens de gema, albúmen e casca, peso específico e resistência da casca do ovo à quebra.

3.2.2.1. Unidades Haugh (UH)

Para as medidas de unidade Haugh os ovos foram pesados individualmente em balança analítica digital de sensibilidade 0,01g (Modelo Automarte® AS 2.000) e foram quebrados em chapa de metal, onde foi aferida a medida da altura de albúmen, utilizando um aparelho medidor de Unidades Haugh – Ames modelo S-8400, Massachusetts, EUA) (Haugh, 1937).

Com os dados de peso do ovo e a altura do albúmen, a UH foi obtida pela fórmula:

$$UH = 100 \log \left[\left[H - \frac{\sqrt{G(30W^{0,37} - 100)}}{100} \right] + 1,9 \right]$$

em que:

H = altura do albúmen denso (milímetros);

G = constante gravitacional de valor 32;

W = peso do ovo (gramas),

Conforme Brant et al. (1951).

3.2.2.2. Porcentagem de gema, albúmen e casca

Para as avaliações das proporções de gema, de albúmen e de casca em relação ao peso do ovo foram utilizados os mesmos ovos previamente pesados para a análise de Unidades Haugh. Após a quebra dos ovos, separou-se o albúmen, a gema e a casca. A separação da gema foi realizada manualmente e o resíduo de clara, aderido à gema, foi removido com o auxílio de papel absorvente. Após este procedimento as gemas foram pesadas individualmente. As cascas, depois de lavadas em água corrente para retirada de resíduos do albúmen, secaram a temperatura ambiente durante 24 horas, e foram pesadas individualmente. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo inteiro e o peso da gema mais o peso da casca:

Peso do albúmen = Peso do ovo inteiro – (Peso da gema + Peso da casca)

3.2.2.3. Peso específico

O método de avaliação foi o de imersão dos ovos em soluções salinas com densidades de 1,070, 1,075, 1,080 e 1,085 que foram colocadas em ordem crescente em recipientes identificados, à temperatura média de 20°C (Ambiente). Primeiramente os ovos foram colocados no recipiente de 1,070, e assim sucessivamente, até que os ovos flutuassem na solução. O peso específico foi representado pela solução onde os ovos flutuaram. A densidade de cada solução foi conferida após a imersão de cada tratamento, com o uso de um termo-densímetro (HG[®] de 1,050 a 1,100).

3.2.2.4. Resistência da casca

Para as avaliações de resistência da casca, a cada quatro semanas foi tomada uma amostra ao acaso de oito ovos por tratamento, sendo cada ovo considerado uma repetição. A força necessária para quebrar a casca (Kg), a deformação (mm) e a firmeza (Kg/mm) foram determinadas utilizando-se o TA.X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England) que pertence ao Setor de Análise de Alimentos, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foi utilizada a sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável, de 4 mm de diâmetro a velocidade pré, durante e pós teste de 3,0; 0,5; e 5,0; mm/s e uma distância de 6 mm. A força de gatilho utilizada foi de 3.0g. O teste utilizado foi fratura por compressão. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente (Rodriguez-Navarro, 2002) sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura. Após a quebra que resultava em uma perfuração na estrutura da casca, os ovos foram então virados para que se obtivesse uma segunda fratura, indicadora da resistência da casca.



Figura 2- Equipamento TA.XT2 Texture Analyser utilizado para a realização do teste de fratura por compressão para medir a força da casca dos ovos

3.2.3. Qualidade óssea

Ao final do experimento seis aves de cada tratamento, uma por repetição, foram abatidas por deslocamento cervical para obtenção das tíbias esquerda e direita e o fêmures esquerdo. Após a retirada da pele e do tecido mole que envolve os ossos, os mesmos foram guardados em refrigerador (-3°C) até o dia da realização dos testes de qualidade.

3.2.3.1. Conteúdo de cinzas dos ossos

Para a determinação da porcentagem de cinzas presente nos ossos, foi utilizado o fêmur esquerdo de cinco aves por tratamento ao final do experimento. Os ossos sofreram extração lipídica por imersão em éter de petróleo e o teor de cinzas foi obtido por calcinação em mufla a 600° C, durante seis horas e pesagem após resfriamento.

3.2.3.2. Resistência óssea

Para a medida de força máxima para a quebra do osso (Kgf), indicadora da resistência óssea, foram utilizadas tíbias de seis aves por tratamento coletadas no final do período experimental. Utilizou-se o “Aparelho de Teste Universal de Ensaio”, modelo DL 3.000 (EMIC), regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse 3,0 cm e com célula de carga 200 Kgf, que pertence ao LEPCOM – Laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos, do departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia (UFMG). O teste utilizado foi flexão em três pontos, com velocidade de deslocamento de 10 mm/min.

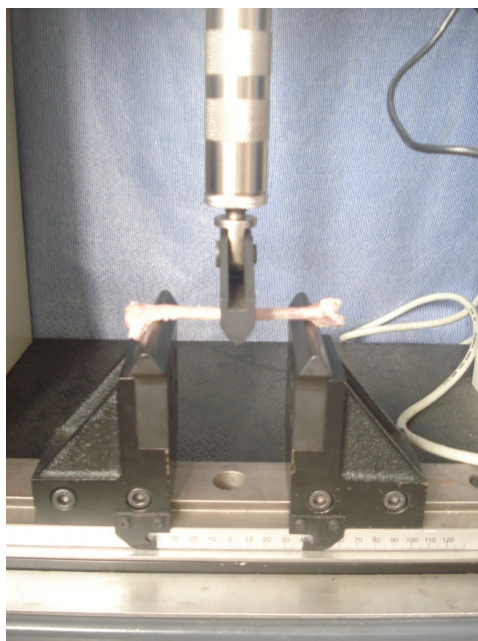


Figura 3- Aparelho de Teste Universal de Ensaio, modelo DL 3.000 (EMIC) utilizado para a realização do teste de força máxima para quebra do osso

3.2.3.3. Índice de Seedor

Para a determinação do índice de Seedor (indicativo da densidade óssea, onde quanto maior seu valor, mais denso é o osso), os ossos que foram utilizados para a análise de resistência do osso à quebra foram medidos em seu maior comprimento, com o auxílio de paquímetro e tiveram seu peso obtido com o auxílio de balança semi-analítica digital. O valor obtido ao se dividir o peso do osso por seu comprimento é denominado índice de Seedor (Seedor, 1995).

Índice de Seedor = Peso (g) / Comprimento (mm)

3.2.3.4. Histomorfometria óssea

Foram utilizadas as tíbias direitas das aves com 27 e com 50 semanas de idade para análise histológica da medular do osso, a fim de quantificar a porcentagem de trabéculas e realizar análise morfológica. Após pré-fixação em formalina a 10%, neutra e tamponada, as tíbias foram descalcificadas. A descalcificação foi realizada em ácido fórmico a 50% por 15 dias. Em seguida, os ossos foram processados pela técnica de inclusão em parafina, e secções histológicas de 5µm foram coradas pelas técnicas da hematoxilina-eosina (H&E) para avaliação histomorfométrica. A porcentagem de tecido ósseo trabecular da metáfise e diáfise distal e proximal foi determinada com objetiva de 40X, com auxílio de uma ocular micrométrica, contendo uma graticula com 121 pontos. A porcentagem média de tecido ósseo trabecular foi determinada em um total de 10 campos totalizando 1210 pontos cada.

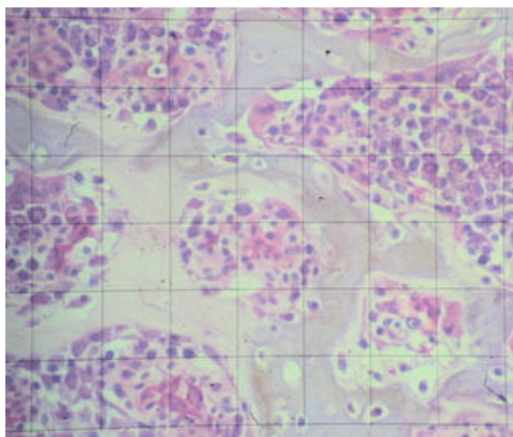


Figura 4- Histomorfometria óssea analisada por lâmina com graticula de 121 pontos

3.2.4. Atividade de fosfatase alcalina no soro (AFAS)

Ao final do período experimental (50 semanas), foram coletadas cinco amostras de sangue, de cinco aves por tratamento, por meio de punção da jugular. Após a coleta, o sangue ficou em repouso por uma hora, para coagulação e retração do coágulo, sendo centrifugado em seguida a

4.000 rpm, por 10 minutos, para separação do soro. O soro foi então remetido ao laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, para análise da atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS).

A análise foi realizada por meio de “kit” de determinação de AFAS no soro do laboratório Synermed[®]¹, em aparelho da marca “Cobas Mira”, o qual é dotado de um espectrofotômetro. A análise da AFAS foi realizada pelo método enzimático UV (AMP-IFCC), para determinação quantitativa da fosfatase alcalina. O método Synermed[®] para determinação da atividade da fosfatase alcalina utiliza o p-nitrofenilfosfato como substrato e mede a reação cineticamente a 405 nm. O p-nitrofenilfosfato é hidrolisado a fim de formar p-nitrofenol e fosfato, na presença de íons magnésio e fosfatase alcalina, em um tampão AMP de 2-amino-2-metil-1-propanol. A taxa de aparecimento de p-nitrofenol, medida em espectrofotômetro, é diretamente proporcional à atividade da fosfatase alcalina presente na amostra original. As medidas cinéticas da fosfatase alcalina que utilizam o p-nitrofenilfosfato como substrato foram descritas por Bowers e McComb (1966).

Foi realizada transformação radical para esta variável e os modelos de regressão foram testados na variável transformada.

3.2.5. Delineamento experimental

Para avaliação do desempenho o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso constituído de quatro tratamentos com seis repetições de 25 aves cada. Para avaliação da qualidade de ovos o delineamento experimental foi o mesmo utilizado anteriormente, com diferença no número de repetições que foi de 30, considerando cada ovo como uma repetição. Para a composição dos ossos do fêmur, resistência óssea e histomorfometria óssea o delineamento foi inteiramente ao acaso constituído por seis repetições por tratamento, totalizando 24 aves, sendo que cada ave foi considerada como uma repetição (Sampaio, 2002). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão polinomial pelo programa SAEG (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desempenho

4.1.1. Consumo de ração, porcentagem de postura, conversão alimentar por dúzias de ovos, número de ovos por ave alojada e peso dos ovos

Os dados de consumo diário de ração, porcentagem de postura, conversão alimentar por dúzias de ovos, nº de ovos por ave alojada e peso dos ovos no período de 18 a 50 semanas de acordo com os tratamentos estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Efeito dos níveis de fósforo sobre o desempenho produtivo das aves

¹ Roteiros para análises de fosfatase alcalina e fósforo no soro do laboratório SYNERMED[®], Westfield, IN, USA (SYNERMED[®] do Brasil, São Paulo, SP).

NÍVEIS DE FÓSFORO	CONSUMO DE RAÇÃO (g)	PORCENTAGEM DE POSTURA (%)	CONVERSÃO ALIMENTAR (Kg/dz)	OVOS/AVE ALOJADA (n°)	PESO DO OVO (g)
0,15	98,62	84,46	1,48	139,31	57,67
0,25	97,72	83,77	1,44	142,06	57,40
0,35	97,57	83,78	1,48	138,26	57,44
0,45	99,17	83,71	1,47	141,26	58,23
Níveis de Fósforo (%)	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2,08	2,37	3,74	3,85	1,24

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P>0,05$)

O consumo de ração não sofreu influência dos tratamentos ($P>0,05$), ou seja, as aves consumiram a mesma quantidade de ração, independente dos níveis de fósforo utilizados (Tabela 2). Os níveis de fósforo oferecidos foram suficientes para que não houvesse deficiência. Resultados semelhantes foram encontrados por Summers (1995), trabalhando com dois níveis de Pd (0,2 e 0,4%), Costa et al. (2004) que trabalharam com níveis de fósforo disponível (0,203; 0,307; e 0,373%) e Snow et al. (2005) que também estudaram diferentes níveis de Pd (0,10; 0,14 e 0,45%) para duas diferentes linhagens, de 20 a 50 semanas de idade, mostrando que níveis mais baixos do que os utilizados atualmente não alteram o consumo de ração das aves. Sakomura et al. (1995) trabalharam com níveis de 0,14; 0,20; 0,26; 0,32; 0,38 e 0,44% Pd e observaram que os níveis de fósforo disponível não interferiram no consumo de ração até 35 semanas de idade. Entretanto, após este período os dados de consumo apresentaram efeito linear ($P<0,05$) sendo o melhor nível considerado para aves mais velhas o de 0,32% Pd. Da mesma forma Sohail e Roland (2002), ao trabalharem com níveis que variavam de 0,1 a 0,7% Pd, encontraram efeito linear para a variável de consumo de ração. Relataram ainda que o tratamento de nível de 0,1% Pd teve que ser interrompido uma vez que o consumo das aves caiu drasticamente.

Todos os níveis de fósforo disponível testados foram suficientes para garantir boa produção de ovos ($P>0,05$). Esses dados são semelhantes aos encontrados por Frost e Roland (1991) trabalhando com diferentes níveis de cálcio e Pd, Keshavarz (2000), alimentando poedeiras de 40 semanas de idade com diferentes níveis de fósforo não fítico e Snow et al. (2005) trabalhando com diferentes níveis de fósforo disponível (0,10; 0,14 e 0,45) para poedeiras de duas linhagens (Hy-line W-36 e Hy-line W-98).

Em contraposição, esses dados diferem dos encontrados por Summers (1995) que, trabalhando com aves de 18 a 64 semanas de idade e dois níveis de fósforo, percebeu que a partir da 32ª semana de idade o menor nível (0,2% Pd) não foi suficiente para manter os mesmos resultados do maior nível (0,4% Pd), sendo considerado desta forma inadequado para produção de ovos.

Já Silva et al. (2008a) observaram que os níveis de fósforo disponível (0,094; 0,194; 0,294; 0,394; e 0,494%) influenciaram ($P<0,01$) de forma quadrática a produção de ovos e concluíram que o melhor nível seria o de 0,29% Pd.

Os dados de conversão alimentar das aves de 18 a 50 semanas, também não foram alterados ($P>0,05$) pelos tratamentos. Como o consumo de ração e o número de ovos produzidos por ave foram semelhantes para os tratamentos, não se esperava que para esta variável fosse diferente.

Esses dados foram semelhantes aos de Casarteli et al. (2003) que, em pesquisa com diferentes níveis de Pd sobre o desempenho das aves, observaram efeito apenas no peso médio dos ovos.

Já Sakomura et al. (1995) e Silva et al. (2008a), trabalhando da mesma forma com níveis de fósforo disponível (0,094; 0,194; 0,294; 0,394; e 0,494%), encontraram efeito quadrático dos

níveis de fósforo para conversão alimentar por dúzias de ovos em que os melhores resultados foram para o tratamento de 0,32% Pd. Da mesma forma, Snow et al. (2005), trabalhando com diferentes níveis de fósforo disponível (0,10; 0,14 e 0,45) para poedeiras, perceberam que o nível de 0,14% Pd interferiu negativamente na conversão alimentar das aves.

Os dados de ovos por ave alojada de 18 a 50 semanas demonstram que não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos. Assim como os dados de postura foram os semelhantes, o número de ovos produzidos por ave também não foi alterado.

Os dados encontrados corroboram os de Van Der Klis et al. (1997). Entretanto, os níveis de fósforo podem interferir na produção de ovos e no número de ovos por ave alojada, como demonstraram Sakomura et al. (1995) que os níveis estudados afetaram de forma quadrática ($P<0,05$) a produção de ovos nas fases de 35-38, 39-42 e 43-46 semanas de idade, e Sohail e Roland (2002) que relatam que o número de ovos produzidos pelas aves apresentou efeito linear ($P<0,05$) quando os níveis de fósforo não fítico foram aumentados de 0,1 para 0,7% Pd.

O peso dos ovos não foi afetado ($P>0,05$) pelos níveis de fósforo encontrados na dieta.

Esses dados estão de acordo com Sakomura et al. (1995), Costa et al. (2004) e Snow et al. (2005) que não encontraram efeitos significativos dos níveis de Pd em aves de 31 a 62 semanas de idade.

Em contrapartida Frost e Roland (1991), trabalhando com diferentes níveis de cálcio (2,75; 3,75; e 4,25%) e fósforo disponível (0,3; 0,4; e 0,5%), relataram que houve um decréscimo no peso do ovo ($P<0,05$) quando as aves foram alimentadas com níveis menores de Pd.

Os dados encontrados diferem também dos de Sohail e Roland (2002) que relatam que o peso do ovo diminui quando se aumenta o nível de fósforo na dieta, todavia não encontraram explicações efetivas para esse resultado.

4.1.2. Peso corporal e viabilidade das aves

Os dados de peso corporal das aves, apresentados na Tabela 3, demonstram que houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, e os níveis de fósforo influenciaram positivamente o peso das aves ($R^2 = 0,97$). A viabilidade como é possível constatar na tabela 3, não foi afetada ($P>0,05$) pelos níveis de fósforo encontrados na dieta, ou seja, foram capazes de suprir as necessidades das aves para garantir a sobrevivência das mesmas.

Tabela 3. Efeito dos níveis de fósforo nos valores de peso das aves ao final do experimento e os valores de viabilidade de 18 a 50 semanas de idade

NÍVEIS DE FÓSFORO	PESO INICIAL (Kg)	PESO FINAL (Kg)	VIABILIDADE (%)
0,15	1,11	1,52	94,66
0,25	1,11	1,55	97,30
0,35	1,10	1,56	93,30
0,45	1,12	1,60	96,00
Níveis de Fósforo (%)	ns	Linear	ns
CV (%)	1,86	3,28	3,28

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P>0,05$)

Linear – Efeito linear positivo pelo teste F ($P>0,05$) – $R^2 = 0,97$

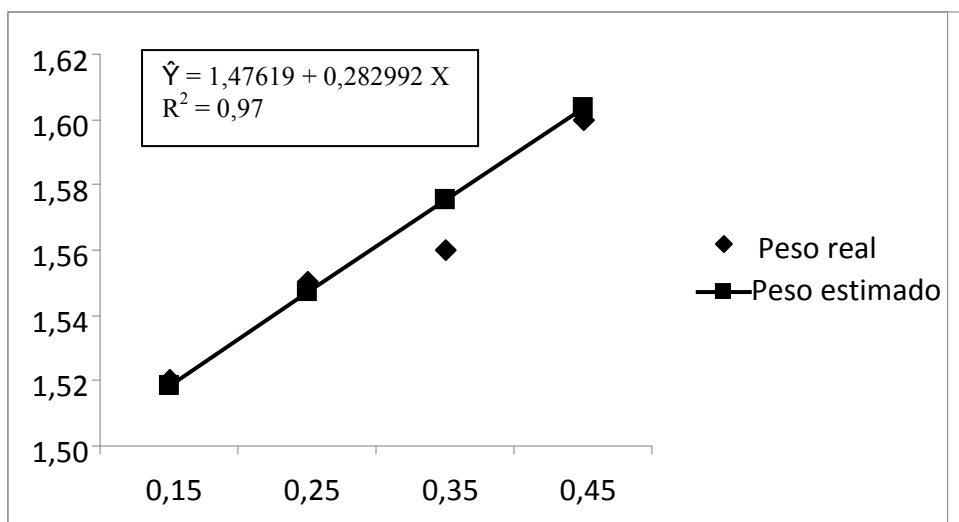


Figura 5 - Peso final das aves de acordo com os níveis de Pd da dieta

Onyango et al. (2003) afirmam que ossos mais fracos resultam em pernas mais fracas, o que geralmente resulta em menor consumo afetando assim o ganho de peso, como também a qualidade e o número de ovos postos. Este fato poderia explicar o menor peso das aves que foram alimentadas com o menor nível, porém não foi encontrada nenhuma diferença na qualidade dos ossos das mesmas, o que descarta esta possibilidade. Summers (1995) e Sakomura et al. (1995) encontraram resultados semelhantes, em que o menor nível de Pd apresentou aves com menor peso corporal. Do mesmo modo, Sohail e Roland (2002) perceberam que ao alimentar as aves com níveis diferentes de Pd, obtiveram efeito linear significativo ($P < 0,01$) para a variável peso corporal. Aves alimentadas com os níveis de 0,6 e 0,7% Pd obtiveram maior peso em comparação com as alimentadas com 0,1 e 0,2% Pd. Em contraposição Snow et al. (2004), trabalhando com diversos níveis de fósforo em aves de 40 a 56 semanas de idade, não encontraram efeito da quantidade de Pd usada na ração sobre o peso corporal das aves.

Com relação à viabilidade, Sakomura et al. (1995) e Snow et al. (2005) encontraram resultados semelhantes, onde os níveis de fósforo trabalhados não afetaram a mortalidade das aves.

Porém, esses dados contrariam os encontrados por Summers (1995) que observou aumento da mortalidade com 0,2% Pd ao comparar 0,4% Pd e de Sohail e Roland (2002) uma vez que os níveis de fósforo trabalhados influenciaram a viabilidade das aves. Os tratamentos com níveis menores de fósforo (abaixo de 0,2% Pd) apresentaram dados muito altos de mortalidade.

4.2. Qualidade dos ovos

4.2.1. Porcentagem de gema, albúmen e casca dos ovos e unidades Haugh

Os dados médios de porcentagem dos componentes do ovo e unidades Haugh demonstram que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 4. Efeito dos níveis de fósforo nas medidas de qualidade do ovo (% de gema, clara e casca, e unidades Haugh)

NÍVEIS DE FÓSFORO	GEMA (%)	ALBÚMEN (%)	CASCA (%)	UNIDADES HAUGH
0,15	24,58	65,19	10,22	100,04
0,25	24,47	65,34	10,17	99,76
0,35	24,42	65,90	9,66	100,21
0,45	24,61	65,45	9,93	99,61
Níveis de Fósforo (%)	ns	ns	Ns	ns
CV (%)	3,07	1,23	2,70	1,72

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P > 0,05$)

Não se encontraram na literatura relatos de que o fósforo afeta a porcentagem de gema ou de albúmen, porém este mineral pode afetar de forma significativa a porcentagem de casca. Poderiam ocorrer diferenças na deposição de fósforo na casca do ovo alterando assim a porcentagem produzida, porém foi possível observar que o menor nível foi capaz de suprir esta necessidade da ave.

Keshavarz e Nakajima (1993) e Sakomura et al. (1995), estudando diferentes níveis de fósforo, não encontraram efeitos negativos na porcentagem de casca dos ovos de aves de 31 a 63 semanas. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2004) que trabalharam o efeito de níveis de fósforo disponível (0,203; 0,307; e 0,373%) na qualidade de ovos em poedeiras comerciais.

Não foram encontrados trabalhos que contestassem os resultados encontrados no presente estudo.

Os níveis de fósforo não afetaram a altura do albúmen dos ovos, provavelmente porque também não foram capazes de interferir na qualidade e integridade da casca dos mesmos.

Os resultados corroboram com os de Summers (1995) e Casarteli et al. (2003) que não encontraram diferenças entre os tratamentos para a altura do albúmen e, consequentemente para os valores de unidades Haugh, trabalhando com aves de 18 a 64 semanas de idade.

4.2.2. Peso específico dos ovos

Houve associação ($P \leq 0,05$) entre o peso específico dos ovos e o Pd na ração (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito dos níveis de fósforo no peso específico do ovo

NÍVEIS DE FÓSFORO	PESO ESPECÍFICO*	
	< 1,080	≥ 1,080
0,15	1,9%	98,1%
0,25	1,9%	98,1%
0,35	6,7%	93,3%
0,45	1,4%	98,6%

* Teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$)

Aves alimentadas com 0,15; 0,25 e 0,45% Pd na dieta produziram ovos com melhor qualidade de casca comparadas com aquelas que receberam 0,35% de Pd. Entretanto, esses resultados discrepantes apresentados pelo grupo alimentado com 0,35% Pd são inconsistentes e

considerando que para ter uma boa qualidade de casca o ovo deve ter densidade em torno de 1080, pode-se dizer que todos os níveis foram suficientes para garantir boa qualidade da casca dos ovos (Leeson et al., 1993; Gordon e Roland, 1997; Gordon e Roland, 1998; Boling et al. 2000a,b). Diferentemente desses resultados, Borrman et al. (2001) e Silva et al. (2008a), trabalhando com diversos níveis de fósforo dietético, relataram que os valores de peso específico não foram afetados pelos níveis utilizados.

Já Frost e Roland (1991) encontraram diferença estatística para esta característica, porém apenas quando o nível de cálcio utilizado na ração era mais baixo (2,75%), ou seja, apenas com a influência deste outro mineral em deficiência.

Sohail e Roland (2002), também trabalhando com níveis de Pd, perceberam que com aumento dietético de fósforo houve efeito linear ($P < 0,05$) adverso no peso específico do ovo. À medida que se aumentou o nível de fósforo na dieta, o valor de peso específico diminuiu, provavelmente por provocar menor absorção de cálcio pelo organismo da ave.

4.2.3. Resistência da casca do ovo à quebra

A força para fratura, a deformação e a firmeza da casca, conforme Tabela 6, não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos no período experimental.

Tabela 6. Efeito dos níveis de fósforo nas medidas de resistência da casca do ovo (força por compressão para fraturar a casca, deformação e firmeza da casca de ovos)

NÍVEIS DE FÓSFORO	FORÇA (Kg)	DEFORMAÇÃO (mm)	FIRMEZA (Kg/mm)
0,15	2,40	0,320	7,56
0,25	2,37	0,352	6,95
0,35	2,35	0,391	6,16
0,45	2,36	0,326	7,39
Níveis de Fósforo (%)	ns	ns	ns
CV (%)	12,22	15,24	19,55

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P > 0,05$)

Os valores de força, deformação e firmeza estão dentro dos padrões normais sugeridos por Hamilton (1982) para aves alimentadas com dietas tradicionais. Acredita-se que, como não houve diferença na porcentagem de casca e, conseqüentemente na deposição de cálcio e fósforo na casca do ovo, a resistência destes ovos à quebra não teria porque variar entre os tratamentos. Não foram encontrados trabalhos que utilizaram o mesmo tipo de técnica relatado no presente experimento para níveis de fósforo. Todavia Summers (1995), trabalhando com diversos níveis de fósforo, também não encontraram diferenças significativas na qualidade da casca dos ovos, ao utilizar a técnica de punção e deformação da casca do ovo.

4.3. Qualidade óssea

4.3.1. Índice de Seedor, resistência do osso à quebra e porcentagem de cinzas nos ossos

Os valores do índice de Seedor, demonstrados na Tabela 7, foram influenciados de forma quadrática ($P>0,05$) pela ação dos níveis de Pd durante o período experimental.

Os dados de resistência óssea, e a porcentagem de cinzas dos ossos, apresentados na Tabela 7 demonstram que não houve diferença ($P>0,05$) entre os níveis de Pd.

Tabela 7. Efeito dos níveis de fósforo no índice de Seedor, na força máxima para quebra do osso e na porcentagem de cinzas dos ossos

NÍVEIS DE FÓSFORO	ÍNDICE DE SEEDOR (PESO/COMPRIMENTO)	FORÇA MÁXIMA PARA QUEBRA DO OSSO (Kgf)	CINZAS (%)
0,15	0,79	6,99	43,2
0,25	0,78	9,89	42,72
0,35	0,80	9,21	44,5
0,45	0,84	10,81	41,82
Níveis de Fósforo (%)	Quadrático	ns	ns
CV (%)	7,16	15,64	7,0

Quadrático – Efeito quadrático pelo teste F ($P>0,05$) – $R^2 = 0,99$

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P>0,05$)

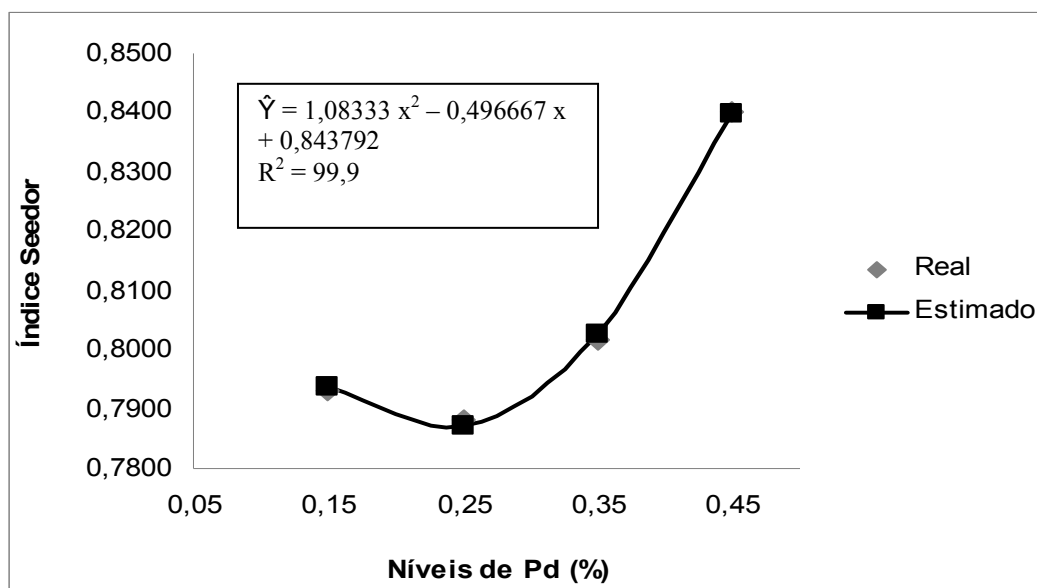


Figura 6 - Índice Seedor de acordo com os níveis de fósforo na dieta de poedeiras

Esses resultados de índice de Seedor concordam com o trabalho de Gordon e Roland (1998) que demonstrou que poedeiras entre 21 e 32 semanas de idade obtiveram aumento linear ($P<0,001$) da densidade óssea pelo aumento dos níveis de Pd (0,1 e 0,3%), associados a diversos níveis de cálcio (2,5; 2,8; 3,1%).

Porém, são contrários aos de Sohail e Roland (2002) que não encontraram diferença entre os níveis de Pd utilizados para densidade dos ossos das aves pesquisadas.

Apesar dos ossos do tratamento de 0,15% de Pd apresentarem menor presença de tecido não mineralizado, isto não influenciou a resistência dos mesmos. Provavelmente, a resistência do osso esteja mais ligada à área cortical do osso como Onyango (2003) relata em seu trabalho.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Frost e Roland (1991) que, trabalhando com diferentes níveis de cálcio (2,75; 3,75; e 4,25%) e Pd (0,3; 0,4; 0,5%), relataram que não houve influência significativa destes níveis na resistência dos ossos a quebra (Kgf) ($P > 0,05$). Porém relatam que os mesmos níveis marginais de fósforo com níveis insuficientes de cálcio são capazes de provocar fraqueza dos ossos.

Em contraposição, esses dados diferem dos encontrados por Sohail e Roland (2002) que observaram efeito linear e quadrático para os níveis de fósforo na resistência óssea, e aves alimentadas com os níveis dietéticos de 0,1 a 0,3% Pd apresentaram os menores valores de resistência do osso à quebra.

Da mesma forma, Silva et al. (2008a) perceberam que os níveis de fósforo disponível (0,094; 0,194; 0,294; 0,394; e 0,494%) influenciaram ($P < 0,01$) de forma linear a resistência óssea, ou seja, a resistência aumentou quando o nível de Pd foi elevado na ração.

Esses dados corroboram os de Sohail e Roland (2002) e Snow et al. (2005) que não encontraram influência dos níveis de fósforo, na porcentagem de cinzas encontrada nos ossos das aves. Frost e Roland (1991) também não encontraram diferenças entre os tratamentos para esta variável. Porém houve queda significativa na porcentagem da mesma quando o nível dietético de 2,75% de cálcio foi utilizado.

Já Sakomura et al. (1995), ao testarem diferentes níveis de fósforo e sua ação na qualidade óssea, perceberam que, à medida que se aumentou os níveis de fósforo na ração, houve redução linear na porcentagem de cinzas e aumento no teor de cálcio e fósforo nos ossos, o que não foi observado no presente experimento. Da mesma forma, Silva et al. (2008a), trabalhando com diversos níveis de fósforo dietético, encontraram resultados diferentes. Os níveis de Pd influenciaram de forma linear ($P \leq 0,05$) crescente o teor de cinzas na tíbia, e foi possível concluir que a cada 1% de Pd na ração, o teor de cinzas na tíbia aumentou 4,47%.

4.3.2. Porcentagem de trabéculas

A porcentagem de trabéculas, conforme Tabela 8, não foi influenciada ($P > 0,05$) pela ação dos tratamentos.

Tabela 8. Efeito dos níveis de fósforo nos valores da porcentagem de trabéculas das aves com 27 e 50 semanas

NÍVEIS DE FÓSFORO	PORCENTAGEM DE TRABÉCULAS (%)	
	27 semanas	50 semanas
Idade das aves		
0,15	32,56	30,20
0,25	32,70	30,30
0,35	31,28	32,70
0,45	30,08	29,60
Níveis de Fósforo (%)	ns	ns*
CV (%)	10,78	-

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P > 0,05$)

ns* – Efeito não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$)

Acredita-se que os níveis que foram oferecidos às aves foram satisfatórios para o devido crescimento e produção de ovos, não sendo necessária a absorção excessiva das camadas medulares. Por isso, a porcentagem de trabéculas não foi afetada pelos tratamentos.

Em contrapartida, em análise morfométrica, percebeu-se que nas lâminas analisadas nas duas idades, as aves dos grupos de 0,25% a 0,45% de Pd apresentaram morfologia óssea semelhante e compatível com a normalidade. As trabéculas epifisárias e metafisárias da tíbia apresentavam-se em grande quantidade, espessas, confluentes e quase totalmente mineralizadas com pequena quantidade de osteóide (matriz jovem não mineralizada) depositada na margem das trabéculas. A cobertura osteoblástica era de células ora cubóides com núcleos grandes, ora achatados com núcleos fusiformes. Os osteócitos mostravam-se ora ativos, com núcleos grandes alojados em lacunas alargadas, ora inativos com núcleos pequenos alojados em lacunas estreitas e, pouco basofílicas. Havia número moderado de osteoclastos no interior das lacunas de Howship.

Já as aves do grupo tratado com 0,15% de Pd apresentaram morfologia diferente dos demais grupos e um quadro característico de osteomalácia. Apesar das trabéculas epifisárias e metafisárias apresentarem número e espessura semelhante ao grupo controle (Tabela 15), a porção mineralizada das trabéculas apresentava-se reduzida e com grande quantidade de osteóide (matriz jovem não mineralizada) o que teoricamente resultaria em um osso mais fraco. A característica dos osteócitos, osteoblastos, osteoclastos e porcentagem de cinzas foi semelhante aos demais grupos.

4.4. Atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS)

A atividade da fosfatase alcalina no soro (AFAS), conforme Tabela 9, não foi influenciada ($P>0,05$) pela ação dos tratamentos.

Tabela 9. Efeito dos níveis de fósforo nos valores médios da atividade da fosfatase alcalina no soro

NÍVEIS DE FÓSFORO	ATIVIDADE DA FOSFATASE ALCALINA NO SORO (AFAS)
0,15	367,75
0,25	388,50
0,35	387,50
0,45	480,50
Níveis de Fósforo (%)	Ns
CV (%)	48,00

ns – Efeito não significativo pelo teste F ($P>0,05$)

Os valores de AFAS e os níveis de Pd não foram inversamente proporcionais, segundo os padrões fisiológicos normais, e não sendo lineares, impediram a obtenção de uma equação adequada que permitisse calcular o melhor nível. Os valores de fosfatase alcalina apresentados estão dentro do padrão normal para aves em postura sugerido por Dukes e Swenson (1996).

A atividade da fosfatase alcalina no soro, por ser muito variável, não foi um método adequado para estimar o melhor nível de Pd para as aves. É provável que se o número de animais fosse maior, o coeficiente de variação entre a resposta (muito variável) seria menor, o que tornaria possível encontrar diferenças entre os tratamentos (Veloso et al., 1996).

5. CONCLUSÕES

Os dados de desempenho e de qualidade dos ovos não foram influenciados pelos níveis de fósforo nas dietas.

O tratamento com menor nível de Pd (0,15% Pd) apresentou em análise morfológica da região medular do osso a presença de características sugestivas de osteomalácia, portanto sugere-se a utilização de 0,25% de Pd nas rações de poedeiras. Este nível é suficiente para garantir um bom desempenho e assegurar a qualidade dos ovos e dos ossos das aves.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V. Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária UFMG**, Belo Horizonte, n. 21, p. 43-59, 1997.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Apostila, 273p. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

BOLING, S. D.; DOUGLAS, M. W.; JOHNSON, M. L.; WANG, X.; PARSONS, C. M.; KOELKEBECK, K. W.; ZIMMERMAN, R. A. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, v.79, p. 224-230, 2000a.

BOLING, S. D.; DOUGLAS, M. W.; SHIRLEY, R.B.; PARSONS, C. M.; KOELKEBECK, K. W. The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. **Poultry Science**, v.79, p. 535-538, 2000b.

BORRMANN, M. S. L.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, B. L. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 181-187, 2001.

BOWERS Jr., G. N.; McCOMB, R. B. A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase. **Clinical Chemistry**, v. 12, n. 2, p. 70-89, 1966.

BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.

BRANT, A.W.; OTTE, A. W.; NORRIS, K.H. Recommend standards for scoring and measuring opened egg quality. **Food Technology**, v.5, p.356-361, 1951.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agro Comunicação, 430 p., 2002.

CASARTELI, E.; MUCKE, D.; JUNQUEIRA, O. M. Efeito de diferentes fontes e níveis de fósforo e da enzima fitase sobre o desempenho de poedeiras. In: **Conferência Apinco 2003 de Ciência Animal e Tecnologia Avícola**, Campinas, p.49, 2003.

ÇELEBI, S.; BÖLÜKBASI, S. C.; UTLU, N. The influence of dietary phosphorus level on plasma calcium and phosphorus, eggshell calcium and phosphorus. **Internal Journal of Poultry Science**, v. 4, n.7, p. 497-499, 2005.

COSTA, F. G. P.; JACOME, I. M. T. D.; SILVA, J. H. V. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2004.

COUTO, H. P.; NERY, V. L. H.; FONSECA, J. B. CHIQUIERI, J.; CARNEIRO, L. C. R.; LOMBARDI, C. T. Fontes alternativas de cálcio e fósforo para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1419-1423, 2008.

DAYRELL, M. S.; LOPES, H. O. S.; AROEIRA, J. A. D. C. FERREIRA NETO, J. M. ; SAMPAIO, I. B. M. Teores de cálcio, magnésio, fósforo inorgânico e atividade da fosfatase alcalina no soro sanguíneo de bovinos criados no cerrado. **Arquivo Escola de Veterinária UFMG**, v. 24, n. 1, p. 265-279, 1972.

DIAGNÓSTICOS da América. **Fosfatase alcalina**. 2009. Disponível em: <http://www.diagnosticosdaamerica.com.br/exames/fofatase_alcalina.shtml>. Acessado em: 02/12/2009.

DUKES, H. H.; SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1054 p, 1996.

FARIA, D. E.; JUNQUEIRA, O. M.; SAKOMURA, N. K. SANTANA, A. E. Efeito de diferentes níveis de sódio e fósforo sobre o desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.2, p. 458-466, 2000.

FROST, T. J.; ROLAND, SR. D. A. The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. **Poultry Science**, v. 70, p. 963-969, 1991.

FURTADO, M. A. O. **Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos**. 61 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1991.

GORDON, R. W.; ROLAND D. A. Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels, with and without supplemental phytase. **Poultry Science**, Champaign, v.76, p. 1172-1177, 1997.

GORDON, R. W.; ROLAND, D. A. Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. **Poultry Science**, v. 77, p. 290-294, 1998.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1014 p, 1997.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg Shell quality. **Poultry Science**, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

HARMS, R. H. The influence of nutrition on eggshell quality. Part 2: Phosphorus. **Feedstuffs**, v. 54, n.19, p. 25-26, 1982.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p.552-555, 1937.

HOLDER, D.P. Dietary phosphorus requirements of force-molted leghorn hens. **Poultry Science**, v. 60, p.433-437, 1981.

KESHAVARZ, K. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. **Poultry Science**, v.79, p.748-763, 2000.

KESHAVARZ, K; NARAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 144-153, 1993.

LEESON, S.; DIAZ, G.J.; SUMMERS, J.D. Skeletal disorders. In: LEESON, S.; DIAZ, G.J.; SUMMERS, J.D. **Poultry metabolic disorders and mycotoxins**. 1st ed. Guelph: University Books, 352p, 1995.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D.; CASTON, L. Response of brown-egg strain layers to dietary calcium or phosphorus. **Poultry Science**, v. 72, p.1510-1514, 1993.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 601p.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. 3th ed. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph: University Books, 2005.

LIMA, F. R. Quantidade e qualidade do fósforo na nutrição mineral. **Avicultura: Ciências & Tecnologia**, Campinas, n. 14, p. 20-25, 1995.

LOURENÇO, A. T. A., ORBAN, J. I., PARSONS, C. M. Fosfatos de Patos de Minas como fonte de fósforo em rações de frangos de corte. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte; p.253, 1984.

MAGGIONI, R.; RUTZ, F.; ROLL, V. F. B. Efeito do horário de fracionamento de dietas contendo diferentes níveis de cálcio sobre o desempenho produtivo e qualidade de casca em poedeiras semipesadas no verão. **XXXIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais**, p. 47-49, 1996.

MATEOS, G. G.; BEORLEGUI, C. B. Factores que influyen en la calidad del huevo. In: **Nutricion y alimentacion de las gallinas ponedoras**, 9^a ed. Madri: Mundi-Prensa, p. 227-248, 1991.

MATOS, F. J. R., et al. Utilização de fosfatos de rocha na alimentação de poedeiras comerciais. In: **Congresso Brasileiro de Avicultura 7**, Recife, v. 3, p. 599-610, 1981.

MILES, R. D.; COSTA, P. T.; HARMS, R.H. The influence of dietary phosphorus level on laying hen performance, eggshell quality, and various blood parameters. **Poultry Science**, v. 62, p.1033-1037, 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy Science. 155p, 1994.

NORTH, M. O.; BELL; D. D. **Commercial chicken production manual**. 4th ed. New York: Chapman & Hall., 913 p., 1990.

ONYANGO, E. M., HESTER, P. Y., STROSHIME, R., ADEOLA, O. Bone densitometry as an indicator of tibia ash in broiler chickens fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v. 82, p. 1787-1797, 2003.

ORDÓÑEZ, J. A. Ovos e produtos derivados. In: **Tecnologia de alimentos. Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, p. 269-279, 2005.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4th ed. Nova York: John Wiley & Sons, 615 p, 1995.

QUEIROZ, L. S. B.; BRITO, J. A. G.; GARCIA Jr., A. A. P. Reavaliação das exigências de fósforo disponível (Pd) com o uso do fosfato monoamônio (MAP) na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Suplemento 10, p. 149, 2008.

RAO, S. K., WEST, M. S., FROST, T. J., ORBAN, J. I., BRYANT, M. M., ROLAND, D. A. Sample size required for various methods of assessing bone status in commercial leghorn hens. **Poultry Science**, v. 72, p. 229-235, 1993.

ROLAND, D. A., Sr. Egg Shell quality III: Calcium and phosphorus requirements of commercial leghorns. **Worlds Poultry Science Journal**. v. 42, p. 154-465, 1986.

ROLAND, D. A.; GORDON, R. Phytase helps optimize phosphorus, calcium in layer diets. **Feedstuffs**, v. 68, n. 10, p. 16-39, 1996.

RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; GARCIA-RUIZ, J.M. Influence of microstructure on the Shell strength of eggs laid by hens of different ages. **British Poultry Science**, v. 43, p. 395-403, 2002.

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^a ed. Viçosa, MG: 186 p, 2005.

SAEG. **Sistemas de análises estatísticas e genéticas**. Versão 9.1. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2007.

SAKOMURA, N. K.; GARCIA, J. R. M.; ARIKI, J.; KRONKA, S. N.; PAULILLO, A. C.; BERCHIERI, A.; JUNQUEIRA, O. M. Fontes e níveis de fósforo em rações de poedeiras comerciais. **Ars Veterinária**, v. 9, n. 1, p. 54-66, 1993.

SAKOMURA, N. K., SERAFIM, G. S., PINHEIRO, J. W.; RESENDE, K. T.; JUNQUEIRA, O. M. Exigências nutricionais de fósforo para galinhas poedeiras. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 6, p. 936-952, 1995.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2.ed., Belo Horizonte: FEPMVZ, 244p., 2002.

SCHAEFER, C. E.; ALBUQUERQUE, M. A.; CHARMELO, L. L. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 202, Jan/Fev. 2000.

SEEDOR, J.G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone Mineral Research**, v. 4, p. 265- 270, 1995.

SHEIDELER, S. A.; AL-BATSHAN, H. Basics of calcium phosphorus nutrition in layers studied. **Feedstuffs**, v. 66, n. 14, p. 15-16, 1994.

SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; GOULART, C. C.; COSTA, F. G. P.; SAKOMURA, N. K.; FURTADO, D. A. Influência da interação fósforo disponível x fitase da dieta sobre o desempenho, os níveis plasmáticos de fósforo e os parâmetros ósseos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2157-2165, 2008a.

SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; GOULART, C. C. COSTA, F. G. P.; SAKOMURA, N. K.; FURTADO, D. A. MARTINS, T. D. D. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166-2172, 2008b.

SILVERSIDES, F. G., SCOTT, T. A., KORVER, D. R. A study on the interation of xylanase and phytase enzymes in the wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. **Poultry Science**, v. 85, p. 297-305, 2006.

SNOW, J. L.; DOUGLAS, M. W.; KOELKEBECK, K. W.; BATAL, A. B.; PERSIA, M. E.; BIGGS, P. E.; PARSONS, C.M. Minimal phosphorus requirement of one-cycle and two-cycle (molted) hens. **Poultry Science**, v.83, p. 917-924, 2004.

SNOW, J. L.; RAFACZ, K. A.; UTTERBACK, P. L.; UTTERBACK, R. W.; LEEPER, R. W.; PARSONS, C. M. Hy-Line W-36 and Hy-Line W-98 laying hens respond similarly to dietary phosphorus levels. **Poultry Science**, v.84, p. 757-763, 2005.

SOHAIL, S. S.; BRYANT, M. M.; RAO, S.K.; ROLAND, D. A. Influence of cage density and prior dietary phosphorus level on phosphorus requirement of commercial Leghorns. **Poultry Science**, v.80, p. 769-775, 2001.

SOHAIL, S. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W-36 hens. **Poultry Science**, v.81, p. 75-83, 2002.

SUMMERS, J. D. Reduced dietary phosphorus levels for layers. **Poultry Science**, Champaing, v.74, n.12, p.1977-1983, 1995.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 142-150, 2005.

USAYRAN, N.; BALNAVE, D. Phosphorus requirements of laying hens fed on wheat based diets. **British Poultry Science**, v. 36, p. 285-301, 1995.

VANDEPOPULIERE, J. M.; LYONS J. J. Effect of inorganic phosphate source and dietary phosphorus level on laying hen performance and eggshell quality. **Poultry Science**, v.71, p. 1022-1031, 1992.

VAN DER KLIS, J. D.; VERSTEEGH, H. A. J.; SIMONS, P. C. M. et al. The efficacy of phytase in corn-soybean mealbased diets for laying hens. **Poultry Science**, v.76, p.1535-1542, 1997.

VELOSO, J. A. F.; FURTADO, M. A. O.; BORGES, F. M. O.; VELOSO, C. M. Biodisponibilidade de fósforo para aves e suínos: teor de cinzas ósseas e atividade da fosfatase alcalina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 48, p. 575-593, 1996.

WALDROUP, P. W.; ADAMS, M. H. Evaluation of the phosphorus provided by animal proteins in the diet of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 3, p. 209-218, 1994.

WHITEHEAD, C. C. Influencia de la nutrición sobre el metabolismo macromineral: Desarrollo del hueso y calidad de la cáscara. In: **XI Curso de especialización - Avances en nutrición y alimentación animal**, EXPOAVIGA, p. 287-297, 1995.

WIDMANN, F. K. **Clinical interpretation of laboratory tests**. Philadelphia: F. A. Davis Company, p. 305-306, 1983.

7. ANEXO

Tabela 10. Análise bromatológica das dietas experimentais e da farinha de carne utilizada

AMOSTRA DE RAÇÃO	PROTEÍNA (%)	P TOTAL (%)	P DISPONÍVEL (%)
A – 1º Batida	17,75	0,37	0,163
A – 2º Batida	15,30	0,33	0,145
A – 3º Batida	13,9	0,37	0,163
A – 4º Batida	19,0	0,34	0,15
B – 1º Batida	17,12	0,45	0,255
B – 2º Batida	15,87	0,46	0,261
B – 3º Batida	15,95	0,50	0,28
B – 4º Batida	13,8	0,45	0,255
C – 1º Batida	17,67	0,60	0,38
C – 2º Batida	17,05	0,56	0,362
C – 3º Batida	16,99	0,56	0,362
C – 4º Batida	12,5	0,57	0,369
D – 1º Batida	17,38	0,70	0,47
D – 2º Batida	16,53	0,67	0,47
D – 3º Batida	16,45	0,65	0,457
D – 4º Batida	14,9	0,62	0,435
Farinha de carne – 1º	38,19	7,32	7,32
Farinha de carne – 2º	36,00	5,92	5,92
Farinha de carne – 3º	38,95	6,04	6,04
Farinha de carne – 4º	35,56	5,80	5,80