



DIEGO FERNANDO REMOLINA RIVERA

**NÍVEIS E FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DA
VITAMINA D PARA FRANGAS LEVES DE
REPOSIÇÃO**

LAVRAS - MG

2014

DIEGO FERNANDO REMOLINA RIVERA

**NÍVEIS E FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DA VITAMINA D PARA
FRANGAS LEVES DE REPOSIÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Remolina Rivera, Diego Fernando.

Níveis e formas de suplementação da vitamina D para frangas de reposição / Diego Fernando Remolina Rivera. – Lavras : UFLA, 2014.

71 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.

Bibliografia.

1. Poedeira comercial. 2. Desempenho produtivo. 3. Qualidade óssea. 4. Ovos - Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.5142

DIEGO FERNANDO REMOLINA RIVERA

**NÍVEIS E FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DA VITAMINA D PARA
FRANGAS LEVES DE REPOSIÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA 24 de Fevereiro de 2014

Dr. Edison José Fassani	UFLA/DZO
Dr. Paulo Borges Rodrigues	UFLA/DZO
Dr. Raimundo Vicente de Sousa	UFLA/DMV
Dr. Fabio Augusto Gomes	UFAC/DMV
Dr. Fabricio Rivelli Mesquita	UFAC/DMV

Dr. Antonio Gilberto Bertechini
Orientador

LAVRAS – MG

2014

Aos meus pais, minha irmã e minha família por acreditarem sempre.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de ter meus pais e minha família.

Aos meus pais, Diego Fernando e Ana Jasmile, minha irmã Silvia Juliana, por estarem sempre ao meu lado e serem o melhor exemplo a seguir.

À minha família pelo apoio e a colaboração sempre e em qualquer lugar.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por meio do Departamento de Zootecnia (DZO).

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini, pela paciência, competência, amizade, dedicação e oportunidades de aprendizado.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues (DZO/UFLA) e Prof. Dr. Édson José Fassani (DZO/UFLA).

Ao CPTA, convênio UFLA, ao seu proprietário, Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini, por todo o apoio concedido no desenvolvimento deste experimento. Ao Anderson pela colaboração, e à Maria, Thaís e Mariana pela companhia.

Aos amigos Antônio, Camila, Fábio, Fabrício, Jerônimo, Júlio, Henrique, Matheus, Vitor e Wander pela amizade.

Aos amigos Bruno, Mariana, Rodrigo e Solange pela ajuda e dedicação durante o experimento.

Aos amigos de NECTA, Jamila, Jackeline, Letícia, Lucas pela colaboração e ajuda em momentos importantes.

AUTOBIOGRAFIA

DIEGO FERNANDO REMOLINA RIVERA, filho de Diego Fernando Remolina e Ana Jasmile Rivera, nasceu na cidade de Bucaramanga, departamento de Santander, em 5 de Agosto de 1984. Formou-se em Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidade Cooperativa de Colômbia, em dezembro de 2007. Durante a graduação, trabalhou como técnico de produção da empresa Avícola Villa Ana. Em fevereiro de 2010, finalizou o mestrado em Nutrição Animal de Monogástricos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - MG/Brasil.

RESUMO GERAL

A pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar os efeitos de fontes de vitamina D, isoladas e/ou associadas nas dietas de frangas leves de reposição, sobre o desempenho e características ósseas dessas aves. As fontes estudadas foram colecalciferol (D_3), isolado ou associado com 25-hydroxycolecalciferol (25-OHD₃) e/ou 1 α -hydroxycolecalciferol (1 α -OHD₃). Foram utilizadas 1920 pintinhas de um dia Dekalb White, durante 18 semanas, utilizando um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, composto por quatro níveis de fornecimento de vitamina D (500 UI/kg, 1000 UI/kg, 1500 UI/kg e 2000 UI/kg) e quatro associações com fontes diferenciadas (100% D_3 ; 50% D_3 e 50% 25-OHD₃; 50% D_3 e 50% 1 α -OHD₃; 33,33% D_3 , 33,33% 25-OHD₃ e 33,33% de 1 α -OHD₃). Para determinar o desempenho produtivo e a qualidade óssea, foram realizadas avaliações no último dia da 6^a, 12^a e 18^a semana. Após a fase experimental, 12 aves de cada repetição foram alojadas em galpão de produção, para avaliar os efeitos residuais dos tratamentos utilizados na fase inicial, de cria e recria; sobre o desempenho, a qualidade de ovo e a qualidade óssea das galinhas poedeiras da 24^a a 40^a semanas de idade. Não houve interação ($p>0,05$) entre as fontes e os níveis de vitamina D avaliados no experimento. Na fase de 0 a 6 semanas de idade, observou-se melhor ($p<0,05$) uniformidade, quando se formulou com D_3 isolado ou associado ao 25-OHD₃ e maior porcentagem de cinzas (CZ) e cálcio (Ca) na tíbia, ao fornecer D_3 associada ao 1 α -OHD₃, embora houvesse incremento na porcentagem de fósforo (P) nas tíbias das aves alimentadas com rações formuladas com D_3 associado ao 25-OHD₃ e 1 α -OHD₃. Não houve efeitos ($p>0,05$) das fontes ou dos níveis analisados na fase de 0 a 12 semanas de idade. Na fase de 0 a 18 semanas, houve efeito linear ($p<0,05$) do nível da suplementação de vitamina D sobre a conversão alimentar e a porcentagem de cálcio e fósforo nas tíbias de frangas. Os tratamentos utilizados no período experimental não produziram efeitos ($p>0,05$) sobre o desempenho produtivo, a qualidade do ovo e a qualidade óssea na fase produtiva (24^a – 40^a semanas) do ciclo de poedeiras. Tendo em conta as condições experimentais, associar fontes de vitamina D pode ser uma alternativa para melhorar a qualidade óssea na fase inicial (0 a 6 semanas de idade) de frangas leves de reposição. O aumento da suplementação de vitamina D melhora a conversão alimentar e a qualidade óssea das aves de 0 a 18 semanas de idade. Utilizar programas com diferentes fontes e níveis de vitamina D de 0 a 18 semanas de idade não tem efeito sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovo e a qualidade óssea de poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade.

Palavras-chave: Poedeiras comerciais, desempenho produtivo, qualidade óssea, Ovos - qualidade.

GENERAL ABSTRACT

The research was conducted with the objective of evaluating the effects of vitamin D sources, isolated and/or associated in diets of white laying pullets, over the performance and bone characteristics of these birds. The studied sources were cholecalciferol (D_3), isolated or associated with 25-hydroxycholecalciferol (25-OHD₃) and/or 1 α -hydroxycholecalciferol (1 α -OHD₃). In the study were used 1920 one day Dekalb White chicks, during 18 weeks, using a completely randomized design, in factorial scheme, comprised of four levels of vitamin D (500 UI/kg, 1000 UI/kg, 1500 UI/kg and 2000 UI/kg) and four associations with diverse sources (100% D_3 ; 50% D_3 and 50% 25-OHD₃; 50% D_3 and 50% 1 α -OHD₃; 33.33% D_3 , 33.33% 25-OHD₃ and 33.33% 1 α -OHD₃). To determine the productive performance and the bone quality, evaluations were performed in the last day of the 6th, 12th and 18th weeks. After the experimental phase, 12 birds from each replicate were housed in a production barn to evaluate the residual effects of the treatments used in the initial, brooding and rearing phases; over performance, egg quality and bone quality of 24th and 40th week laying pullets. There was no interaction ($p>0.05$) between the sources and the levels of vitamin D evaluated in the experiment. In the phase from 0 to 6 weeks of age, better uniformity was observed ($p<0.05$) when formulating with D_3 isolated or associated to 25-OHD₃ and higher percentage of ash (AS) and calcium (Ca) in the tibia, when providing D_3 associated to 1 α -OHD₃, although there was increment in the percentage of phosphorus (P) in the tibias of birds fed rations formulated with D_3 associated to 25-OHD₃ and 1 α -OHD₃. There were no effects ($p>0.05$) of the sources or levels analyzed in the phase from 0 to 12 weeks of age over food conversion and the percentage of calcium and phosphorus in the pullets' tibias. The treatments used in the experimental period did not produce effects ($p>0.05$) over the productive performance, egg quality and bone quality in the productive phase (24th – 40th weeks) of the laying cycle. Considering the experimental conditions, associating the sources of vitamin D may be an alternative to improve the bone quality in the initial phase (0 to 6 weeks of age) of white laying pullets). The increase of vitamin D supplementation improves food conversion and bone quality of birds from 0 to 18 weeks of age. Using programs with different sources and levels of vitamin D from 0 to 18 weeks of age has no effect over productive performance, egg quality and bone quality of commercial laying pullets with 24 to 40 weeks of age.

Keywords: Commercial laying pullets. Productive performance. Bone quality. Egg quality.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Diferenças estruturais entre a vitamina D e o colesterol 17
- Figura 2 Mudanças estruturais no processo de ativação da vitamina D 20
- Figura 3 Fontes de vitamina D comercialmente disponíveis diferentes ao colecalciferol (D_3) e a forma ativa da vitamina D (1,25- $(OH)_2D_3$)..... 25

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Efetividade relativa ao colecalciferol do 25-hidroxicolecalciferol e da 1 α , 25-hidroxicolecalciferol. Atividade do colecalciferol considerada como 100%	26
----------	--	----

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

Tabela 1 -	Combinações do fatorial e composição centesimal das fontes.....	42
Tabela 2 -	Composição centesimal e nutricional das dietas	44
Tabela 3 -	Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 6 semanas de idade, de acordo com as formas e os níveis de suplementação de vitamina D avaliados	49
Tabela 4 -	Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 6 semanas de idade, de acordo com as formas e os níveis de suplementação de vitamina D avaliados	51
Tabela 5 -	Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 12 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados.....	53
Tabela 6 -	Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 12 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados	55

Tabela 7 - Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 18 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados.....	56
Tabela 8 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 18 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados.....	58
Tabela 9 - Desempenho e qualidade de ovo em poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com os períodos experimentais	59
Tabela 10 - Produção de ovo, peso de ovo, consumo de ração e conversão alimentar em poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D testados de 0 a 18 semanas de idade.....	60
Tabela 11 - Peso específico, porcentagem de gema, porcentagem de casca e porcentagem de clara em ovos de poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D testados de 0 a 18 semanas de idade.....	62
Tabela 12 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de poedeiras comerciais de 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados de 0 a 18 semanas de idade	63

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

D ₂	Ergocalciferol
D ₃	Colecalciferol
25-OHD ₃	25-Hidroxicolecalciferol
1 α -OHD ₃	1 α -Hidroxicolecalciferol
1,25-(OH) ₂ D ₃	Calcitriol
24,25-(OH) ₂ D ₃	24,25-Dihidroxicolecalciferol
UI	Unidade internacional
P	Fósforo
Ca	Cálcio
CR	Consumo de ração
CZ	Cinzas
DEN	Densitometria óssea radiográfica
%CZ	Porcentagem de cinzas ósseas
%Ca	Porcentagem de cálcio ósseo
%P	Porcentagem de fósforo ósseo
PTH	Paratormônio
CAL	Calcitonina
PLVD	Proteína ligadora da vitamina D
RVD	Receptor específico vitamina D
RXR	Receptor X retinoico
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ARN	Ácido ribonucleico
Zn	Zinco
VDRE	Elemento de resposta da vitamina D
PKC	Proteína c kinase

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Vitamina D	17
2.1.1	Metabolismo	19
2.1.2	Mecanismo de ação	21
2.1.3	Funções	22
2.1.4	Fontes	25
2.1.5	Exigência para frangas leves de reposição	28
	REFERÊNCIAS	30
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	36
	ARTIGO 1 NÍVEIS E FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO DA VITAMINA D PARA FRANGAS LEVES DE REPOSIÇÃO..	36
1	INTRODUÇÃO	38
2	MATERIAL E MÉTODOS	41
3	RESULTADOS E DISCUSSAO	48
4	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	67

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da avicultura, observou-se uma otimização dos índices de produção, que resultou em um fenômeno de expansão industrial com consequente aumento na importância econômica global da indústria avícola, levando a avicultura a ser considerada um setor no qual muito se investe econômica e cientificamente.

As poedeiras comerciais têm sido aperfeiçoadas pelos pesquisadores, quanto às características de produção, com o melhoramento genético, a nutrição e o manejo. Por terem visado, principalmente, a índices produtivos, atualmente existem problemas metabólicos no organismo das aves, que, quando ocorrem, podem afetar o desempenho produtivo dos lotes.

Na fase inicial, de cria e recria, desenvolvem-se as estruturas e sistemas fisiológicos das poedeiras comerciais, sendo nesta etapa onde as aves necessitam acumular reservas com boa formação óssea para suportar os processos metabólicos da fase produtiva do ciclo. Porém, desenvolver, adequadamente, todas as estruturas e sistemas fisiológicos, ao longo da fase inicial, de cria e recria, garante a existência das condições mínimas para iniciar a produção de ovo.

A estrutura óssea das aves tem que sustentar o organismo, proteger órgãos vitais, servir como base mecânica para locomoção, realizar hematopoese e armazenar minerais como cálcio (Ca) para suprir a demanda de nutrientes dos processos fisiológicos (HESTER et al., 2011).

O Ca, além de outras funções, possivelmente seja o fator mais notável no desenvolvimento da estrutura óssea e no processo de formação da casca do ovo, considerando que este mineral constitui a casca em até 40%

(KESHAVARZ, 2003) e a hidroxiapatita, presente nos ossos, representa 99% do total de Ca no organismo das aves (JHONSTON; IVEY, 2002).

Pela importância fisiológica, o Ca é regulado por sistemas hormonais que modulam a resposta fisiológica, de acordo aos níveis deste mineral no plasma. No caso de baixas concentrações, a liberação de paratormônio (PTH) estimula a ativação dos precursores de calcitriol ($1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$), forma ativa da vitamina D que atua reabsorvendo o Ca dos ossos e nos rins, ou incrementando a absorção ativa no intestino (CRENSHAW; RORTVEDT; HASSEN, 2011).

Os precursores de $1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ podem ser obtidos da dieta ou sintetizados pelos seres vivos, mediante a irradiação com luz ultravioleta do 7-deidrocolesterol, reação que produz colecalciferol (D_3) em animais e ergocalciferol (D_2) em vegetais; embora as proteínas plasmáticas que transportam os precursores de $1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ no organismo das aves não se ligam efetivamente ao D_2 , diminuindo a atividade deste composto como fonte de vitamina D (SOARES JUNIOR; KERR; GRAY, 1995).

A hidroxilação hepática, na posição 25 e renal na posição 1α , são os processos metabólicos que convertem o D_3 em $1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ e regulam a atividade da vitamina D no organismo das aves (JHONSTON; IVEY, 2002).

Como resultado da hidroxilação hepática de D_3 , produz-se o 25 hidroxicolecalciferol (25-OHD_3) e como consequência da hidroxilação renal de D_3 se obtém 1α hidroxicolecalciferol ($1\alpha\text{-OHD}_3$), metabólitos com características diferenciadas do D_3 e, atualmente, disponíveis no mercado como fontes de vitamina D.

É possível sintetizar 25-OHD_3 e $1\alpha\text{-OHD}_3$ para serem utilizados como fontes de vitamina D nas dietas para aves de produção, mas as diferenças na estrutura química destas fontes, quando comparadas com o D_3 , geram mudanças no metabolismo, atividade biológica e modo de inclusão que dificultam o uso efetivo destas alternativas nas dietas comerciais.

Existem diversas recomendações com alta variação sobre a exigência nutricional de vitamina D para frangas leves de reposição. Essas necessidades foram determinadas tendo como referência o D_3 , porém nenhuma recomendação considera a associação de D_3 com 25-OHD_3 e/ou a $1\alpha\text{-OHD}_3$ como fonte de vitamina D para frangas leves de reposição.

Reconhecendo a necessidade de esclarecimentos sobre a efetividade das diferentes fontes em associação e a exigência de vitamina D, objetivou-se com esta pesquisa estudar as diferentes fontes de vitamina D utilizadas na indústria avícola, a D_3 isolada ou associada com 25-OHD_3 e/ou a $1\alpha\text{-OHD}_3$, em quatro níveis de fornecimento para frangas leves de reposição, avaliando o desempenho produtivo e a qualidade da estrutura óssea de frangas leves de reposição e os efeitos residuais sobre o desempenho produtivo, a qualidade de casca e a estrutura óssea de galinhas poedeiras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vitamina D

As vitaminas são diferentes na composição química e nas funções metabólicas que realizam. Diversas concentrações de vitaminas são encontradas nos ingredientes, porém não existe ingrediente algum que tenha a quantidade ótima de todas as vitaminas para suprir as exigências das aves (LEESON; SUMMERS, 2009). Na nutrição animal, as vitaminas integram um grupo de compostos orgânicos necessários na dieta em pequenas quantidades, para manutenção da fisiologia e da integridade do metabolismo (REGINA, 2010).

Estruturalmente a vitamina D é semelhante aos esteroides pela presença do núcleo peridro-ciclopentanofenantreno, algumas mudanças na estrutura no anel B do núcleo são responsáveis pela diferenciação na estrutura química da vitamina D e dos esteroides (BENDER, 2003). As diferenças estruturais estão apresentadas na figura 1.

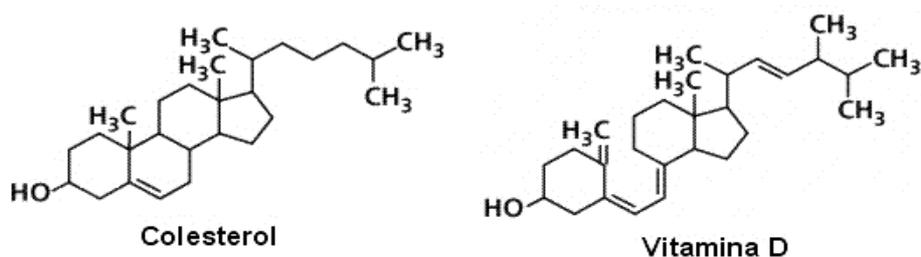


Figura 1 Diferenças estruturais entre a vitamina D e o colesterol
Fonte: Adaptado de Murray et al. (2003).

A vitamina D refere-se a um grupo de compostos relacionados derivados do colesterol com atividade antirraquítica, pode ser descrita mais exatamente

como um pró-hormônio, porque precisa ser metabolizada até a forma ativa para atuar como hormônio esteroide nas células onde realiza suas funções biológicas (WILLIAMS; EAKIN; BEERSTECHEER, 2012).

A vitamina D faz parte das vitaminas lipossolúveis, na forma de D₂ ou vitamina D₃, principais fontes desta vitamina para animais de produção. A D₂ é produzida pelas plantas, com base no esteroide ergosterol por meio da incidência de luz solar (UV) e, geralmente, colabora pouco no fornecimento de vitamina D já que as aves não a utilizam com eficiência (JHONSTON; IVEY, 2002).

De acordo com Soares Junior, Kerr e Gray (1995), a D₂ não se liga eficientemente na proteína ligadora de vitamina D (PLVD) que transporta os precursores da forma ativa da vitamina na corrente sanguínea, por isto as aves não podem utilizar adequadamente esta fonte para suprir as exigências fisiológicas.

A D₃ pode ser sintetizada pela ave por incidência de 7-deidrocolesterol com luz solar (UV) na pele ou pode ser obtida da dieta no trato gastrointestinal (SOARES JUNIOR; SWERDEL; BOSSARD, 1978).

Segundo Hester et al. (2011), a luminosidade é necessária no processo de produção endógena de vitamina D, as aves mantidas em condições de luminosidade reduzida devem ser suplementadas na dieta com fontes de vitamina exógenas.

De acordo a Tian et al. (1994), a produção de D₃ baseada em 7-deidrocolesterol é mais eficiente na pele das pernas que na região dorsal das aves, embora a quantidade de D₃ sintetizada no organismo não é considerada como fonte de vitamina D para cobrir as exigências metabólicas do composto em aves de produção (LESSON, 2007).

Como o organismo da ave pode sintetizar D₃, a vitamina D não cumpre estritamente com a definição clássica de vitamina, embora historicamente a

vitamina D seja reconhecida como um nutriente essencial e este catalogada como vitamina lipossolúvel (BENDER, 2003).

Conhecida, tradicionalmente, como um fator antirraquítico, atualmente além de ser considerada como vitamina, tem sido identificada como um hormônio esteroide que regula funções genômicas, importantes para diversos processos fisiológicos como inibição do crescimento celular, promoção da diferenciação celular, regulação da atividade imune e prevenção de neoplasias (KOCHUPILLAI, 2008).

2.1.1 Metabolismo

A vitamina D pode ser sintetizada no organismo ou pode ser fornecida na ração, sendo absorvida na parte final do duodeno, junto a outras vitaminas e compostos lipossolúveis, o que é favorecido pela presença de lipídeos, sais biliares e formação de micelas. Após a absorção, a D_3 é distribuída pela corrente sanguínea por quilomicrons, estabelecendo altas concentrações no plasma, fígado e rins (KLASING, 1998).

Pela baixa solubilidade em médio aquoso e alta solubilidade em lipídeos, as fontes de vitamina D devem ser transportadas na corrente sanguínea com ajuda de proteínas ligadoras de transporte, conhecidas como PLVD (KOCHUPILLAI, 2008).

As PLVD se ligam com distinta afinidade dependendo da molécula que vão transportar. Segundo Tanaka e Deluca (1978), a PLVD se liga com maior afinidade ao 25-OHD_3 e ao $24,25\text{-hidroxicolecalciferol}$ ($24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$), depois ao $1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ e, por último, ao D_3 .

A D_3 não é biologicamente ativa e o processo de ativação precisa de duas hidroxilações nas posições 1 e 25 da estrutura, feitas no organismo de acordo com as necessidades metabólicas de Ca (EDWARDS et al., 1994).

Após a absorção, ocorre a primeira hidroxilação do processo, sendo realizada sem ser regulada no fígado e catalisada pela enzima 25- hidroxilase presente neste órgão. Como resultado, há formação da 25-OHD₃ que depois é liberada na corrente sanguínea (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

A hidroxila na posição 25 faz que o 25-OHD₃ seja mais polar, tornando a molécula mais hidrofílica, para facilitar o transporte dentro do organismo junto da PLVD. Essa característica, também, permite que a absorção de 25-OHD₃, quando for utilizada como fonte da vitamina, não dependa da formação de micelas no trato gastrointestinal (WARD, 2004).

De acordo com o estímulo hormonal, a segunda hidroxilação feita no rim pode produzir a forma ativa ou um metabólito de reserva, isso dependendo dos níveis plasmáticos de Ca. Com níveis normais do mineral, não há secreção de PTH, o que faz com que o rim hidroxile (24-hidroxilase) a posição 24, produzindo 24,25-(OH)₂D₃, que precisa depois de uma terceira hidroxilação na posição 1 α (1 α -hidroxilase), em presença de PTH para produzir 1,24,25 hidroxicolecalciferol (1,24,25(OH)₃D₃), que é a forma ativa produzida nessa via metabólica (Figura 2) (CRENSHAW; RORTVEDT; HASSEN, 2011).

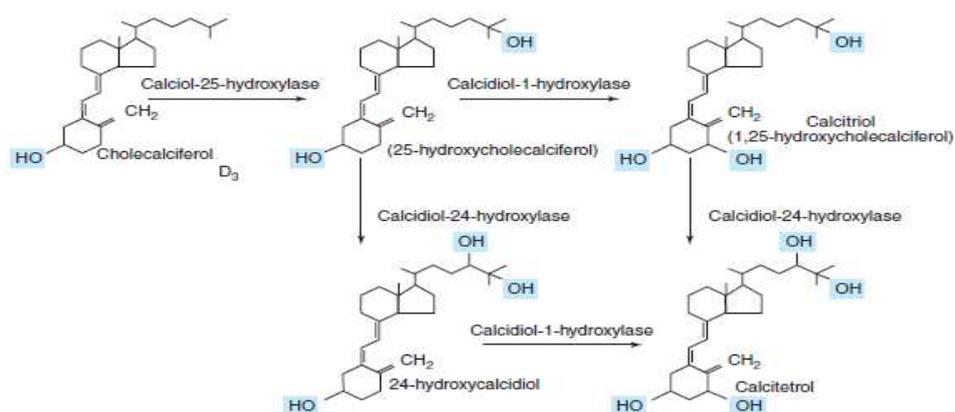


Figura 2 Mudanças estruturais no processo de ativação da vitamina D

Fonte: Adaptado de Murray et al. (2003).

No caso da secreção de PTH por níveis plasmáticos baixos de Ca, o 25-OHD₃ é convertido no rim por uma hidroxilação na posição 1 α que resulta na forma ativa da vitamina 1,25-(OH)₂D₃ (JHONSTON; IVEY, 2002).

Quando os níveis plasmáticos de Ca são altos, inibe-se a produção de PTH e se produz calcitonina (CAL) nas glândulas ultimobranquiais das aves. Este hormônio está encarregado de inibir a ativação da vitamina D nos rins e limitar a reabsorção de Ca nos rins e dos ossos (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

A vitamina D é, principalmente, excretada na bile e pequenas quantidades são reabsorvidas no trato gastrointestinal novamente, porém a circulação enterohepática de vitamina D não é importante para manter os níveis necessários dentro do organismo. Como as fontes de vitamina D são metabolizadas a compostos mais hidrossolúveis, o rim excreta a maioria dos compostos na forma de ácido calcitroico (DELUCA, 1981).

2.1.2 Mecanismo de ação

Existem dois mecanismos de ação para que a Vitamina D realize as funções fisiológicas dentro do organismo, diferenciam-se pela interação ou não do 1,25-(OH)₂D₃ com os receptores específicos de vitamina D (RVD) localizados dentro das células em diversos tecidos.

Embora o 1,25-(OH)₂D₃ aja como hormônio esteroide, precisa de mediadores intracelulares para gerar o mecanismo de ação e realizar as funções fisiológicas. O RVD faz parte da superfamília de receptores nucleares para hormônios esteroides e tireoides, que podem ser categorizados como fatores de transcrição ativados por ligação (STUMPF, 1995).

O mecanismo de ação, quando o 1,25-(OH)₂D₃ interage com o RVD, dá-se por ação no genoma. Neste processo, o RVD tem função de heterodímero

com o receptor X retinóico (RXR), para ativação dos genes que são alvo da vitamina D. A formação do complexo heterodimérico 1,25-(OH)₂D₃-RVD-RXR atua sobre a sequência específica do ácido desoxirribonucleico (ADN), consolidando o elemento de resposta da vitamina D (VDRE), encarregado de estimular ou inibir a transcrição gênica (SUTTON; MACDONALD, 2003).

O VDRE é uma proteína que se liga ao hormônio (Vitamina D) com alta afinidade e regula a expressão gênica, via ligação do dedo de zinco (Zn) ao ADN e interações entre proteínas (HAUSSLER et al., 1997).

O termo dedo de Zn se aplica a um diverso grupo de proteínas que tem a capacidade de unir átomos de Zn com a finalidade de estabilizar a estrutura. São, geralmente, as proteínas mais abundantes no genoma das células eucarióticas; entre muitas funções as mais importantes são reconhecimento do ADN, empacotamento do ácido ribonucleico (ARN), ativação da transcrição, regulação da apoptoses, formação de proteínas e ligação a lipídeos (LAITY; LE; WRIGHT, 2001).

Quando o 1,25-(OH)₂D₃ não interage com o RVD, existem respostas rápidas não genômicas da vitamina D, que são mediadas por receptores na superfície da célula. Geralmente o receptor que atua neste caso é a proteína de ligação a esteroides de resposta rápida, associada à membrana celular (MARRS), que ativa o metabolismo dos fosfatos de inositol para incrementar os níveis de Ca e guanina monofosfato (GMP); ativar a proteína C kinase (PKC) ou as kinasa de ativação das proteínas de mitogenese (MAP) (BROWN; DUSSO; SLATOPOLSKY, 1999).

2.1.3 Funções

A função principal da 1,25-(OH)₂D₃ é aumentar os níveis plasmáticos de Ca, porém outros efeitos são atribuídos como consequência da atividade

biológica da forma ativa da vitamina D dentro do organismo da ave (RAO et al., 2008).

Segundo Lesson e Summers (2001), a absorção de Ca e P no epitélio intestinal incrementa 3 – 4 vezes em presença de vitamina D, o PTH, além de ativar a vitamina D no rin, aumenta a reabsorção dos túbulos distais renais destes minerais. O mesmo efeito de reabsorção é feito por meio da ativação dos osteoclastos presentes nos ossos que disponibilizam Ca e P da reserva óssea.

A 1,25-(OH)₂D₃ realiza essas funções, promovendo a síntese de proteínas que participam nos processos da captação crescente de cálcio pelo intestino, minimizam a perda de Ca pelos rins e estimulam a reabsorção óssea, quando necessário (EDWARDS, 2000).

Além do mecanismo direto, a forma ativa da vitamina D pode interagir com receptores de membrana específicos, que ativam sistemas de amplificação do sinal intracelular, que produzem entrada de Ca na célula para agir como mensageiro secundário e ativam a síntese de proteínas (FRITTS; WALDROUP, 2003).

Embora o efeito principal do 1,25-OHD₃ seja regular os níveis plasmáticos de Ca, o P, também, indiretamente é regulado pela grande relação dos dois minerais no metabolismo da ave, principalmente, pelo uso da reserva de fosfato de Ca do osso, que é responsável por disponibilizar Ca para a formação da casca e da manutenção dos níveis plasmáticos fisiológicos do mineral e a maior parte do P disponibilizado será excretado pelos rins. Além disso, o P reduz a acidose sanguínea produzida no processo de formação da casca na fase de produção do ovo.

De acordo com Bar e Hurtwitz (1979), a vitamina D participa no transporte de Ca pela membrana uterina, processo similar daquele que ocorre no trato gastrointestinal.

Segundo Candlish (1971), a formação do osso medular pode ser influenciada pelos níveis de Ca, P e de vitamina D₃ nas dietas, podendo ser aumentado para garantir qualidade da casca do ovo na fase produtiva do ciclo.

A vitamina D está relacionada com funções imunológicas não muito esclarecidas, como explicam Aslam, Garlich e Qureshi (1998), quem verificou depressão na resposta imune em frangos de corte alimentados com dietas deficientes em vitamina D₃.

De acordo com Bertolini et al. (2000), a vitamina D atua sobre a diferenciação de células como macrófagos, linfócitos e monócitos, assim como participa no processo da produção de interleucinas. Isto é possível, pois a 1,25-(OH)₂D₃ se liga os receptores nucleares em diferentes células no organismo que regulam a transcrição de ADN a ARN, incrementando a produção de interferon gama, interleucina-2 e fator de necrose tumoral (DANTAS; DUARTE; MARQUES, 2009).

Por outro lado, tem-se demonstrado a participação da vitamina D como elemento importante no processo de condrogênese e osteogênese nas fases de desenvolvimento da estrutura óssea das aves (XU et al., 1997).

Outros autores relacionam metabolitos do processo de ativação com a integridade do sistema ósseo, Boyan et al. (2003) indicam participação do 24,25-(OH)₂D₃ na regulação dos condrocitos na placa de crescimento do osso em desenvolvimento.

Edwards (2000) constatou o envolvimento do 1,25-(OH)₂D₃ no processo de osteogênese, na fase de desenvolvimento da estrutura óssea em aves de produção. Algumas outras funções estão envolvidas na biossíntese do colágeno, em preparação da mineralização óssea como é descrito por Gonnerman et al. (1976).

2.1.4 Fontes

Atualmente, além da vitamina D₃, comercialmente, existem vários produtos utilizados como fontes de vitamina D nas rações de frangas leves de reposição. A maioria são metabólitos intermediários do processo de ativação da vitamina no organismo, em que se destacam o 25-OHD₃, o 1α-OHD₃ ou compostos análogos, sendo essas fontes diferentes, tanto na atividade como na vida média, no organismo das aves. As fontes alternativas mais importantes são apresentadas na figura 3.

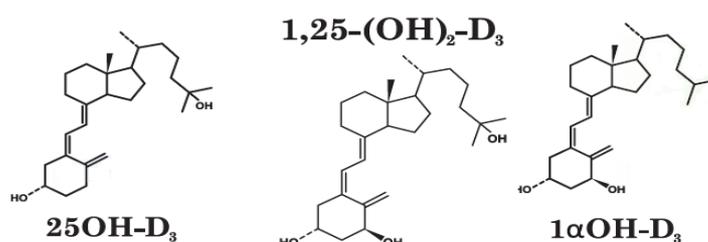


Figura 3 Fontes de vitamina D comercialmente disponíveis diferentes ao colecalciferol (D₃) e a forma ativa da vitamina D (1,25-(OH)₂D₃)

Fonte: Adaptado de Crenshaw, Rortvedt e Hassen (2011).

As fontes alternativas ou metabólitos tem como vantagem a presença na estrutura química de uma hidroxila, quando comparados com D₃, isto confere maior polaridade nas moléculas, característica que possibilita incrementar a absorção no trato gastrointestinal e melhorar o transporte plasmático para levar a cabo o processo de ativação da vitamina D (WARD, 2004).

Além disto, os metabólitos somente precisam da hidroxilação no rim regulada pela presença de PTH na posição 1 no caso do 25-OHD₃ ou da hidroxilação não controlada no fígado na posição 25 no caso do 1α-OHD₃ (CRENSHAW; RORTVEDT; HASSEN, 2011).

Segundo Phadnis e Nemere (2003), o 25-OHD₃ tem receptores específicos nos tecidos onde realiza as funções fisiológicas, fato que sugere a existência de mecanismos de ação alternativos. Por outro lado, tem sido identificadas e isoladas proteínas de transporte específicas do 25-OHD₃ (SITRIN et al., 1982).

Isto permite que o 25-OHD₃ e o 1 α -OHD₃ sejam mais efetivos, pois há maior atividade biológica para realizar as funções fisiológicas que o D₃, afirmação que já foi pesquisada por diversos autores em aves de produção.

Soares Junior, Swerdel e Bossard (1978) estudaram as atividades biológicas relativas de diferentes fontes de vitamina D, estimando que o 25-OHD₃ tem 2,5 a 4,5 vezes a atividade do D₃. A vida meia do D₃ no organismo da ave é de mais ou menos 25 dias, do 25-OHD₃ é perto de 20 dias, do 24, 25-OHD₃ é 2 dias e da forma ativa 1, 25-(OH)₂D₃, é somente de 6 horas. As diferenças entre as atividades dos metabólitos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Efetividade relativa ao colecalciferol do 25- hidroxicolecalciferol e da 1 α , 25-hidroxicolecalciderol. Atividade do colecalciferol considerada como 100%

Resposta Biológica	Atividade relativa da vitamina D ₃	
	25-OHD ₃	1 α , 25-(OH) ₂ D ₃
Absorção Intestinal de cálcio	200%	1300% – 1500%
Reabsorção óssea de cálcio	150%	500% – 600%
Cinza óssea %	160%	200%

Fonte: Lesson e Summers (2001)

Por outro lado, Edwards et al. (2002) determinaram que o 1 α -OHD₃ tem oito vezes mais atividade biológica que o D₃, comparações similares a os fatos publicados por Haussler et al. (1973), para absorção de cálcio no trato

gastrointestinal e as conclusões publicadas por Boris, Hurley e Trmal (1977), para teor de cinzas ósseas.

Alguns autores já estudaram os efeitos de utilizar as diferentes fontes isoladas ou associadas nos distintos tipos de aves de produção, encontrando efeitos diferenciados da utilização das diferentes fontes segundo o tipo de produção avícola.

São muitas e diversas as pesquisas sobre fontes vitamina D considerando D_3 , 25-OHD₃ e 1 α -OHD₃ em frangos de corte. Yarger et al. (1995) reportaram melhores resultados no desempenho de frangos de corte, quando se utilizou 25-OHD₃ em lugar de D_3 como fonte de vitamina D, também, foi sinalizado que o aumento dos níveis de suplementação do metabolito tiveram efeito positivo sobre os parâmetros de desempenho avaliados, fato que não aconteceu quando se aumentaram os níveis de D_3 na dieta.

Por outro lado, Brito et al. (2010) concluíram que a inclusão de fontes associadas compostas de D_3 e 25-OHD₃ melhoram o desempenho produtivo de frangos de corte ao longo do ciclo produtivo (0 – 42 dias).

Em outra pesquisa, Han et al. (2012) observaram que a utilização de 1 α -OHD₃, como fonte isolada de vitamina D, melhora o desempenho produtivo e a qualidade óssea das tíbias de frangos de corte até os 21 dias de idade.

No caso das matrizes, tem se realizado algumas pesquisas para avaliar os efeitos da inclusão dos metabolitos associados ao D_3 . Torres et al. (2009) pesquisaram os efeitos da suplementação de 25-OHD₃ em dietas formuladas com 2000 UI/kg de vitamina D_3 para matrizes pesadas, embora os efeitos sobre o desempenho produtivo não foram significativos, a associação das fontes gerou melhor peso específico dos ovos e menor mortalidade embrionária.

Semelhante aos resultados obtidos na pesquisa realizada por Mottaguitab, Hormozdi e Kamyab (2013), que estudaram os efeitos de formular diferentes níveis de D_3 , associado ao 1 α -OHD₃, em rações para matrizes

pesadas, sem encontrar efeito das fontes sobre as variáveis analisadas, porém concluíram que os níveis de inclusão de vitamina D influenciam o desempenho produtivo das aves neste teste.

Em aves de postura, alguns pesquisadores já obtiveram resultados sobre a utilização das diferentes fontes de vitamina D existentes no mercado. Na pesquisa de Hernandez et al. (2001), foram utilizados 2756 UI/kg de D_3 associado a 2760 UI/kg de 25-OHD₃ como fonte de vitamina D. Não houve efeitos sobre o desempenho produtivo, mas os pesquisadores descobriram incremento na espessura da casca dos ovos analisados.

Outras pesquisas ressaltam efeitos diversos da utilização das diferentes fontes de vitamina D, Keshavarz (2003) não verificou efeito positivo da inclusão do 25-OHD₃ sobre o desempenho produtivo e a qualidade de casca de galinhas poedeiras, alimentadas com diferentes associações dietéticas dos minerais Ca e P de 24 a 36 semana de idade. No entanto, Salvador, Faria e Mazzielli (2009) verificaram melhor conversão alimentar para poedeiras, utilizando o 25-OHD₃ como fonte isolada de vitamina D na ração, determinando que a suplementação de 25-OHD₃ aumenta a porcentagem de gema e de casca dos ovos.

2.1.5 Exigência para frangas leves de reposição

Pela importância das vitaminas na fisiologia da ave, as fontes são suplementadas acima dos níveis mínimos indicados como necessários. As quantidades recomendadas de vitaminas para formular as dietas pelos diferentes autores são altas, para assegurar níveis de fornecimento adequados independente das mudanças que podem ocorrer no consumo de ração (LESSON; SUMMERS, 2009).

As exigências de vitaminas são calculadas em miligrama por quilograma (mg/kg) de ração, geralmente, com exceção da vitamina A, D e E nas quais a

exigência é calculada em unidades de atividade biológica (UI), isto em virtude de que existem diferentes fontes que podem suprir as necessidades destas vitaminas com atividades biológicas diferenciadas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994).

Existem diferenças entre as recomendações dos principais pesquisadores, não permitindo unificar uma exigência de vitamina D para frangas leves de reposição. A recomendação do NRC (1994) é de 200 UI de D₃ por kg de alimento até a semana 18 de idade das frangas, entretanto Rostagno et al. (2005) recomendam 2000 UI/kg e 1600 UI/kg para a fase inicial e de cria, respectivamente.

Comercialmente existem recomendações dos produtores de vitamina que vão de 3000 a 4000 UI/kg na fase inicial e 2000 a 3000 UI/kg na cria e recria (DSM NUTRITIONAL PRODUCTS - DSM, 2011) ou 1200 a 1500 UI/kg de 0 a 18 semanas de idade (BASF CORPORATION, 2011).

Segundo o NRC (1994), são escassas as publicações que estudam a exigência de vitamina D para frangas leves de reposição que considerem o D₃ ou qualquer outra fonte de vitamina D que existe atualmente no mercado. Em razão disto, planejou-se estudar com esta pesquisa os efeitos de suplementar níveis de vitamina D para frangas leves de reposição considerando D₃ isolada ou associada ao 25-OHD₃ e/ou 1 α -OHD₃.

REFERÊNCIAS

ASLAM, S. M.; GARLICH, J. D.; QURESHI, M. A. Vitamin D deficiency alters the immune responses of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 842-849, June 1998.

BAR, A.; HURWITZ, S. Uterine calcium-binding protein in the laying fowl. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 45, p. 579-586, 1973.

BASF CORPORATION. **Optimum vitamin supplementation in poultry:** laboratory or commercial field requirements. Disponível em: <<http://www.basf.br>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

BENDER, D. A. **Nutritional biochemistry of vitamins**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University, 2003. 211 p.

BERTOLINI, D. L. et al. Immunomodulatory effects of vitamin D analog KH1060 on an experimental skin transplantation model. **Transplantation Proceedings**, Orlando, v. 31, n. 7, p. 2998-2999, Nov. 2000.

BORIS, A.; HURLEY, J. F.; TRMAL, T. Relative activities of some metabolites and analogs of cholecalciferol in stimulation of tibia ash weight in chicks otherwise deprived of vitamin D. **Journal of Animal Nutrition**, Monticello, v. 107, p. 194-198, 1977.

BOYAN, B. D. et al. Membrane actions of vitamin D metabolites 1 α , 25(OH) $_2$ D $_3$ and 24R,25(OH) $_2$ D $_3$ are retained in growth plate cartilage cells from vitamin D receptor knockout mice. **The Journal of Cellular Biochemistry**, New York, v. 90, n. 6, p. 1207-1223, Dec. 2003.

BRITO, J. Á. et al. Efeito da vitamina D $_3$ e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de cortel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 2656-2666, maio 2010.

BROWN, A. J.; DUSSO, A.; SLATOPOLSKY, E. Vitamin D. **The Journal of Endocrinology. The American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 277, p. 157-175, Aug. 1999.

CANDLISH, J. K. The formation of mineral and organic matrix of fowl cortical and medullary bone during shell calcification. **Poultry Science**, Champaign, v. 12, n. 1, p. 119-127, Jan. 1971.

CRENSHAW, T. D.; RORTVEDT, L. A.; HASSEN, Z. Triennial growth symposium: a novel pathway for vitamin D-mediated phosphate homeostasis: implications for skeleton growth and mineralization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 7, p. 1957-1964, July 2011.

DANTAS, A. T.; DUARTE, A. L. B. P.; MARQUES, C. D. L. A vitamina D na artrite reumatoide e no lúpus eritematoso sistêmico. **Temas de Reumatologia Clínica**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 53-59, jun. 2009.

DELUCA, H. F. Metabolism and molecular mechanism of action of vitamin D. **Biochemical Society Transactions**, Liverpool, v. 10, p. 147-158, 1981.

DSM NUTRITIONAL PRODUCTS. **DSM vitamins supplementation guidelines for domestic animals**. Basel, 2011. Disponível em: <http://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en_US/documents/OVN_supplementation_guidelines.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2013.

EDWARDS, H. M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1018-1023, July 2000.

EDWARDS, H. M. et al. Quantitative evaluation of 1-alpha-hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 664-669, May 2002.

EDWARDS, H. M. et al. Quantitative requirement for cholecalciferol in the absence of ultraviolet light. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 288-294, Feb. 1994.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, n. 1, p. 45-52, 2003.

GONNERMAN, W. A. et al. Effects of the dietary vitamin D and calcium on lysyl oxidase activity in chick bone. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, v. 151, n. 3, p. 453-456, Mar. 1976.

HAN, J. C. et al. Effects of 1 α -hydroxycholecalciferol on growth performance, parameters of tibia and plasma, meat quality, and type IIb sodium phosphate cotransporter gene expression of one-to-twenty-one-day-old broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 2, p. 323-329, Feb. 2012.

HAUSSLER, M. R. et al. Biological activity of 1- α -hydroxycholecalciferol, a synthetic analog of the hormonal form of vitamin D3. **Proceedings National Academy of Sciences of the United States America**, Washington, v. 70, p. 2248-2252, 1973.

HAUSSLER, M. R. et al. The vitamin D hormone and its nuclear receptor: molecular actions and disease states. **The Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 154, p. 57-73, Sept. 1997.

HERNÁNDEZ, M. G. et al. Mejoramiento de la calidad del cascarón con 25 hidroxicolecalciferol [25-(OH)D3] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclos. **Archivos Veterinarios México**, Ciudad de México, v. 32, n. 3, p. 167-174, 2001.

HESTER, P. Y. et al. Effect of lighting programs during the pullet phase on skeletal integrity of egg-laying strains of chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, n. 8, p. 1645-1651, Aug. 2011.

JOHNSTON, M. S.; IVEY, E. Parathyroid and ultimobranchial glands: calcium metabolism in birds. **Seminary Avian Exotic Pets Medicine**, Washington, v. 11, n. 2, p. 84-93, Apr. 2002.

KESHAVARZ, K. A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and egg shell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 9, p. 1415-1422, Sept. 2003.

KLASING, K. C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB International, 1998. 350 p.

KOCHUPILLAI, N. The physiology of vitamin D: current concepts. **Indian Journal of Medical Research**, New Delhi, v. 127, p. 256-262, Mar. 2008.

LAITY, J. H.; LEE, B. M.; WRIGHT, P. E. Zinc finger proteins: new insights into structural and functional diversity. **Current Opinion in Structural Biology**, London, v. 11, n. 1, p. 39-46, 2001.

LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for reevaluating dietary specifications. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 63, n. 2, p. 255-266, 2007.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 3rd ed. Nottingham: Nottingham University, 2009. 264 p.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 376 p.

MOTTAGUITALAB, M.; HORMOZDI, M.; KAMYAB, A. Effect of cholecalciferol (D₃) replacement with 1alpha-hydroxycholecalciferol on broiler breeder hen's performance. **Journal of Animal and Poultry Science**, Ankara, v. 2, n. 2, p. 39-47, 2013.

MURRAY, R. K. et al. **Harper's biochemistry**. 26th ed. Columbus: McGraw-Hill, 2003. 818 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of poultry**. 9th ed. Washington: National Academic Science, 1994. 155 p.

PHADNIS, R.; NEMERE, I. Direct, rapid effects of 25-hydroxyvitamin D3 on isolated intestinal cells. **Journal of Cellular Biochemistry**, New York, v. 90, n. 2, p. 287-293, Oct. 2003.

RAO, S. V. R. et al. Effect of surfeit concentrations of vitamin D3 on performance, bone mineralization and mineral retention in broiler chicks. **Journal of Poultry Science**, Shinshu, v. 45, n. 1, p. 25-30, 2008.

REGINA, R. **Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos**. São Paulo: Fundação Cargill, 2010. 413 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.

SALVADOR, D.; FARIA, D. E. de; MAZZIELLI, M. Vitaminas D e C para poedeiras na fase inicial de produção de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 887-892, maio 2009.

SITRIN, M. D. et al. Comparison of vitamin D and 25-hydroxyvitamin D absorption in the rat. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 242, p. G326-G332, 1982.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 1919-1934, Dec. 1995.

SOARES JÚNIOR, J. H.; SWERDEL, M. R.; BOSSARD, E. H. Phosphorus availability: 1., the effect of chick age and vitamin D metabolites on the availability of phosphorus in defluorinated phosphate. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, n. 5, p. 1305-1312, Sept. 1978.

STUMPF, W. E. Vitamin D sites and mechanisms of action: a histochemical perspective: reflections on the utility of autoradiography and cytopharmacology for drug targeting. **Histochemistry and Cellular Biology**, New York, v. 104, n. 6, p. 417-427, Dec. 1995.

SUTTON, A. L.; MACDONALD, P. N. Vitamin D: more than a "bone-a-fide" hormone. **Molecular Endocrinology**, Bethesda, v. 7, n. 5, p. 777-791, 2003.

TANAKA, Y.; DELUCA, H. F. The control of 25-hydroxyvitamin D metabolism by inorganic phosphorus. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 154, p. 566-574, 1978.

TIAN, X. Q. et al. Characterization of the translocation process of vitamin D₃ from the skin into the circulation. **Endocrinology**, Boston, v. 135, n. 2, p. 655-661, Aug. 1994.

TORRES, C. et al. Productive performance of broiler breeder hens fed 25-hydroxycholecalciferol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1286-1290, maio 2009.

WARD, N. E. Consideration of vitamin D₃ absorption may be needed. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 76, n. 4, p. 827-836, Aug. 2004.

WILLIAMS, R.; EAKIN, R.; BEERSTECHEER, E. **The biochemistry of B vitamins**. Whitefish: Literary Licensing LLC, 2012. 152 p.

XU, T. et al. Evidence of increased cholecalciferol requirement in chicks with tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 47-53, Jan. 1997.

YARGER, J. G. et al. Safety of 25 hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 1437-1446, 1995.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1 Níveis e formas de suplementação da vitamina d para frangas leves de reposição

D.F. Remolina¹
A.G. Bertechini¹.

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003).

¹ Departamento de Zootecnia -UFLA

RESUMO

Realizou-se um experimento, utilizando 1920 frangas leves de reposição Dekalb White, de um dia de idade, durante 18 semanas, em um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial composto por quatro níveis de fornecimento (500 UI/kg, 1000 UI/kg, 1500 UI/kg e 2000 UI/kg) e quatro formas de suplementação da vitamina D (1. 100% D₃, 2. 50% D₃ 50% 25-OHD₃, 3. 50% D₃ e 50% 1 α -OHD₃, 4. 33,33% D₃, 33,33% 25-OHD₃ e 33,33% de 1 α -OHD₃), com 6 repetições por tratamento. As avaliações foram feitas no último dia da 6^a, 12^a e 18^a semana. Após a fase experimental, 12 aves de cada repetição foram alojadas em galpão de produção, para avaliar os efeitos residuais dos tratamentos utilizados na fase inicial, de cria e recria; sobre o desempenho, a qualidade de ovo e a qualidade óssea das galinhas poedeiras da 24^a a 40^a semanas de idade. Não houve interação entre as formas de suplementação e os níveis de vitamina D avaliados no experimento ($p>0,05$). Na fase de 0 a 6 semanas de idade, observou-se melhor uniformidade quando se formulou o D₃ isolado ou associado ao 25-OHD₃; maiores porcentagens de cinzas (CZ) e cálcio (Ca), ao fornecer o D₃ associado ao 1 α -OHD₃, porém encontrou-se incremento ($p<0,05$) a porcentagem fósforo (P) quando se utilizaram as três fontes de vitamina D associadas. Não houve efeitos ($p>0,05$) das formas de suplementação ou dos níveis analisados na fase de 0 a 12 semanas de idade. Na fase de 0 a 18 semanas unicamente houve efeito linear do nível de suplementação de vitamina D resultando melhor ($p<0,05$) conversão alimentar e maior ($p<0,05$) porcentagem de Ca e P nas tíbias das frangas leves de reposição. Não houve efeitos ($p>0,05$) dos tratamentos instaurados de 0 a 18 semanas de idade sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovo e as características ósseas de poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade.

Palavras-chave: Poedeiras comerciais. Desempenho produtivo. Qualidade óssea. Ovos - qualidade.

1 INTRODUÇÃO

O adequado desenvolvimento da estrutura óssea, durante a fase inicial de cria e recria de frangas leves de reposição, permite que as poedeiras comerciais entrem fisiologicamente preparadas na fase produtiva do ciclo de produção. Segundo Brito et al. (2010), a vitamina D tem participação importante no metabolismo ósseo e é diretamente responsável pelo crescimento esquelético nas aves.

A vitamina D faz parte das vitaminas lipossolúveis, na forma de ergocalciferol (D_2) ou colecalciferol (D_3), principais fontes de vitamina D nas dietas de aves em produção (JHONSTON; IVEY, 2002).

Os precursores de vitamina D podem ser fornecidos na ração e no caso de D_3 e de D_2 , também, podem ser sintetizados em seres vivos, mediante a irradiação com luz ultravioleta do 7-dehidrocolesterol, porém nas aves as proteínas que transportam os precursores imediatamente após a absorção não se ligam efetivamente ao D_2 , em virtude disto as aves não podem utilizar este precursor de forma efetiva (SOARES JUNIOR; KERR; GRAY, 1995).

A hidroxilação hepática na posição 25 e a hidroxilação nos rins, regulada por paratormônio na posição 1α , são os processos metabólicos que convertem a vitamina D em calcitriol ($1\alpha,25(OH)_2D_3$), forma ativa da vitamina com efeitos sobre o controle fisiológico dos níveis plasmáticos de cálcio (Ca), por meio do aumento da absorção ativa no intestino delgado e o incremento da reabsorção deste mineral nos rins e dos ossos (CRENSHAW; RORTVEDT; HASSEN, 2011).

Atualmente, além da D_3 , existem vários produtos utilizados como fontes de vitamina D nas dietas para aves (FRITTS; WALDROUP, 2003). Estas fontes, embora produzam a mesma função do $1\alpha,25(OH)_2D_3$, usualmente se formulam associadas ao D_3 e, geralmente, não se considera seu aporte nutricional na formulação da dieta.

A maioria destas fontes são metabólitos intermediários do processo de ativação da vitamina no organismo, onde se destacam o 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD₃) e o 1- α hidroxicolecalciferol (1 α -OHD₃). Estas fontes, pelas características estruturais, diferem ao D_3 na atividade biológica e na meia vida dentro do organismo das aves (SALVADOR; FARIA; MAZZIELLI, 2009).

Soares Junior, Swerdel e Bossard (1978) estudaram as atividades biológicas relativas estimando que a 25-OHD₃ tem 2,5 a 4,5 vezes a atividade do D_3 . Por outro lado,

Edwards et al. (2002) estimaram que o 1 α -OHD₃ tem 8 vezes mais atividade biológica que o D_3 para absorção intestinal e reabsorção óssea de Ca, assim como Edelstein et al. (1978) determinaram que o 1 α -OHD₃ é metabolizada mais rápido na forma ativa da vitamina D.

As exigências de vitamina D nas aves são calculadas, habitualmente, em unidades internacionais (UI) de D_3 . De acordo ao National Research Council - NRC (1994), uma UI é definida como a atividade de 0,025 μ g de D_3 , embora atualmente não exista uma conversão oficial entre a atividade biológica do D_3 e das outras fontes de vitamina D alternativas.

As diferenças na estrutura química destas fontes de vitamina D alternativas ao D_3 geram mudanças no metabolismo, atividade biológica e

modo de inclusão na ração; isto dificulta o uso efetivo destas opções nas dietas comerciais para aves de postura.

Existem diferenças entre as recomendações dos principais autores, não permitindo unificar uma exigência de vitamina D para frangas leves de reposição. A recomendação do NRC (1994) é de 200 UI de D₃ até o início da fase postura, entretanto Rostagno et al. (2011) recomendam 2090 UI/kg e 1900 UI/kg para a fase inicial e de cria, respectivamente.

Assim, tendo em vista a necessidade de esclarecimentos sobre a efetividade e a contribuição nutricional das diferentes fontes e os níveis de fornecimento de vitamina D, para frangas leves de reposição, objetivou-se com esta pesquisa estudar o D₃ como fonte isolada ou em associação com 25-OHD₃ e/ou 1 α -OHD₃, em diferentes níveis de fornecimento, avaliando, assim, o desempenho, a qualidade da estrutura óssea das frangas leves de reposição e o efeito residual na fase de postura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em galpão convencional de produção no Centro de Pesquisas em Tecnologia Avícola (CPTA/Convenio UFLA), rodovia BR 265, km 344 (Lavras, MG), desde outubro de 2011 até agosto de 2012, sendo aprovado pelo comitê de bioética da Universidade Federal de Lavras, protocolo 045/2010.

Foram utilizadas 1920 pintainhas Dekalb White, alojadas com 1 dia de idade, em galpão de ambiente natural, distribuídas em 96 gaiolas modelo *curtain back* (75 x 75 cm). Cada gaiola foi equipada com bebedouro tipo copo com válvula e comedouro tipo calha. As aves foram submetidas a um regime de iluminação, plano vacinal e de manejo de acordo com as recomendações do manual da linhagem Dekalb White 2009 (INSTITUTO DE SELECCIÓN ANIMAL, 2009).

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x4), com quatro formas de suplementação (D_3 ; $D_3 + 25\text{-OHD}_3$; $D_3 + 1\alpha\text{-OHD}_3$ e $D_3 + 25\text{-OHD}_3 + 1\alpha\text{-OHD}_3$) de vitamina D e quatro níveis de suplementação das formas na dieta (500UI/kg, 1000UI/kg, 1500 UI/kg e 2000UI/kg), com um total de 16 tratamentos (combinações) com seis repetições cada, durante 18 semanas de experimento. Cada parcela experimental foi composta inicialmente por 20 pintainhas.

Para fornecer os níveis de vitamina D avaliados no experimento, foram utilizadas as fontes D_3 (Rovimix $D_3^{\text{®}}$), 25-OHD_3 (Hy-D $^{\text{®}}$) e $1\alpha\text{-OHD}_3$ (Alpha $D_3^{\text{®}}$) nas diferentes proporções descritas na tabela 1, segundo as associações. Todas as fontes utilizadas foram diluídas com

carbonato de Ca, até 2500 UI/g para facilidade do preparo das fontes avaliadas.

Tabela 1 - Combinações do fatorial e composição centesimal das fontes

Tratamento	Formas UI/kg			Composição centesimal (%)			Nível UI/kg
	D ₃ ¹	25-OHD ₃ ²	1α-OHD ₃ ³	D ₃ ¹	25-OHD ₃ ²	1α-OHD ₃ ³	
1	500	-	-	0,0200	-	-	500
2	1000	-	-	0,0400	-	-	1000
3	1500	-	-	0,0600	-	-	1500
4	2000	-	-	0,0800	-	-	2000
5	250	250	-	0,0100	0,0100	-	500
6	500	500	-	0,0200	0,0200	-	1000
7	750	750	-	0,0300	0,0300	-	1500
8	1000	1000	-	0,0400	0,0400	-	2000
9	250	-	250	0,0100	-	0,0100	500
10	500	-	500	0,0200	-	0,0200	1000
11	750	-	750	0,0300	-	0,0300	1500
12	1000	-	1000	0,0400	-	0,0400	2000
13	156,6	156,6	156,6	0,0066	0,0066	0,0066	500
14	333,3	333,3	333,3	0,0132	0,0132	0,0132	1000
15	500	500	500	0,0198	0,0198	0,0198	1500
16	666,6	666,6	666,6	0,0264	0,0264	0,0264	2000

¹⁻ Rovimix D₃ ® (DSM NUTRITIONAL PRODUCTS - DSM, 2011) composição por g de produto: 500.000 UI, diluída até 2500 UI por g.

²⁻ Rovimix HyD ® (DSM, 2011) composição por g de produto: 500.000 UI, diluída até 2500 UI por g.

³⁻ ALPHA D₃ ® (Sanphar) composição por g de produto: 400.000 UI, diluída até 2500 UI por g.

Na 19ª semana as aves foram transferidas para galpão de produção com ambiente natural, sendo alojadas 12 aves de cada uma das parcelas experimentais em 96 gaiolas de postura (1,00 x 0,50 x 0,45 m), para avaliar a partir da semana 24, durante 4 períodos de 4 semanas os possíveis efeitos residuais dos tratamentos, utilizados na fase inicial, de cria e recria, sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovo e a qualidade óssea das poedeiras na fase de produção.

As dietas foram fareladas à base de milho e farelo de soja, sendo isocalóricas, isoproteicas, suplementadas com vitaminas (pré-mistura comercial sem vitamina D) e minerais (pré-mistura comercial). Seguiram-se as recomendações sugeridas por Rostagno et al. (2005), para composição nutricional dos ingredientes utilizados na formulação das dietas e para atender as exigências nutricionais das aves (exceto para vitamina D na fase experimental) na fase inicial (0 – 6 Semanas), cria (7 – 12 Semanas) recria (13 – 18 Semanas), pré-postura (Semana 19) e postura (20 – 40 Semanas). As dietas são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional das dietas

Ingredientes	Composição centesimal (%)				
	Inicial	Cria	Recria	Pré-postura	Postura
Milho	61,406	63,826	66,972	55,495	66,333
Farelo de Soja	22,812	17,088	12,099	21,898	20,951
Farelo de Trigo	11,655	16,319	16,943	14,631	-
Óleo de Soja	0,800	0,800	0,500	1,000	1,799
Fosfato Bicálcico	1,088	0,820	0,405	1,628	0,864
Calcário Cáltico	1,218	1,136	1,352	4,416	8,941
Sal	0,405	0,354	0,329	0,356	0,495
Premix Vitaminico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina 99%	0,207	0,125	0,066	0,262	0,251
HCL-Lisina, 78%	0,076	-	-	-	0,053
Fitase ³	0,050	0,050	0,050	0,030	0,030
Forma Vitamina D	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Caulim (inerte)	-	-	1	-	-
Total	100	100	100	100	100
Composição Nutricional					
Energia (EM),kcal/kg	2900	2900	2900	2750	2900
Proteína Bruta, %	18,000	16,000	14,000	17,500	15,710
Metionina digestível, %	0,350	0,273	0,217	0,400	0,379
Lisina, digestível, %	0,876	0,621	0,483	0,740	0,758
Calcio,% ⁴	0,940	0,832	0,800	2,200	3,850
Fosforo disponível, % ⁴	0,437	0,392	0,310	0,440	0,357

¹⁻ Suplemento Vitaminico (DSM, 2011) composição, por kg de produto: Vit. A, 10.000.000 U.I.; Vit. E, 40.000 UI; Vit. K₃, 3000 mg; Vit. B₁₂, 20.000 µg; ácido fólico, 1.500 mg; ácido pantotênico, 15.000 mg; biotina, 100 mg; niacina, 50.000 mg; piridoxina, 10.000 mg; riboflavina, 12.500 mg; tiamina, 6.000 mg; antioxidante: 125 mg.

²⁻ Suplemento Mineral (DSM, 2011) composição, por kg de produto: Cu 10g; Fe 60 g; I 1 g, Mn 80 g; Zn 80 g, Co 1 g.

³⁻ Fitase Ronozyme P® (DSM, 2011) composição por kg de produto: 1.000.000 FTU.

⁴⁻ Total de Ca e Pd, considerando a liberação de 0,1% de Ca e 0,1% de Pd pela fitase.

⁵⁻ Fontes de vitamina D formuladas de acordo com as composições apresentadas na tabela 1.

Em todas as dietas experimentais foram incluídas 500 FTU de fitase por kg de ração, na fase de pré-postura e postura foram incluídas 300 FTU de fitase por kg de ração, considerando a liberação em todo momento de 0,1% de Ca e 0,1% de fósforo (P) disponível.

As rações foram pesadas semanalmente e as aves individualmente no último dia das semanas 6, 12, 18, para determinar ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e calcular a uniformidade (%U) de acordo com o método descrito por Brito et al. (2006).

Na fase de postura foi registrada a produção de ovo (%P), peso de ovo (PO), consumo de ração (CR) e CA por grama de ovo produzido. Para avaliar a qualidade de ovo, foi calculada a porcentagem de gema (%G), albúmen (%AL), casca (%C) e o peso específico dos ovos, sendo utilizados oito ovos de cada repetição, selecionados, aleatoriamente, do total diário de ovos coletados nos dois últimos dias de cada semana. Os ovos foram pesados, individualmente, em balança de precisão de 0,0001 g e quebrados com separação das partes para as determinações da %G e %AL. A gema de cada ovo foi separada e pesada; a casca respectiva lavada e seca ao ar para, posteriormente, determinar o peso sem a membrana interna. O peso do albúmen foi calculado pela diferença entre o peso total de cada ovo com a soma do peso da gema e da casca. Posteriormente, o peso de cada componente do ovo foi transformado em porcentagem de acordo ao peso total de cada ovo analisado. O peso específico foi determinado segundo a metodologia descrita por Araujo et al. (2008).

No último dia das semanas 6, 12, 18 e 40, foi abatida 1 ave por parcela experimental, por meio de deslocamento cervical, tendo suas tíbias direitas retiradas para análise de porcentagem de cinzas (%CZ), Ca e P adotando as metodologias descritas pela Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2005).

As tíbias esquerdas foram utilizadas para determinar a densitometria óssea radiográfica (DOR), por meio da metodologia desenvolvida por Louzada (1994), utilizando o procedimento e os elementos descritos por Barreiro et al. (2009). Em uma primeira etapa, as amostras ósseas limpas (sem tecidos envolventes) foram colocadas junto a uma escala de alumínio sobre o filme fotográfico (marca Kodak 24x18cm), todas na mesma posição, sendo, então, radiografadas por um aparelho de raios-X (Tridoro, Siemens) a 70X, Classe I – Tipo B comum, calibrado com distância foco-filme de 25 cm, ajustado para 70kVp e tempo de exposição de 0,3 segundos. Após a obtenção das radiografias, as mesmas foram processadas em uma reveladora A/T2000 XR Air Techniques, utilizando-se um tempo de processamento de quatro minutos. Em uma segunda etapa, as radiografias foram digitalizadas utilizando-se um scanner, com resolução de 300 DPI (“Dots Per Inch” = pontos por polegada), 26% de brilho, 68% de contraste e gravadas em arquivos com extensão TIF. A terceira etapa consistiu na leitura das radiografias para a determinação da densidade das peças ósseas. Para isso, foi utilizado o software “Image J 1.4”, o qual possui uma ferramenta (“Histograma”), que analisa a densidade radiográfica da área selecionada, que se encontra distribuída em uma escala de cores, mais especificamente o cinza, possuindo 256 tons, em que o valor 0 (zero) representa o preto e o valor 256 representa o branco. A determinação da densidade óssea foi realizada na área central das tíbias; os valores de densitometria foram calculados ao fazer uma relação com os valores determinados da escala de alumínio e são expressos em milímetros alumínio (mm Al).

Os resultados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o software Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR, 5.3) descrito por Ferreira (2011). Realizaram-se análises de regressão sobre os níveis da vitamina D estudados e foi feita comparação entre as médias das fontes aplicando o teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSAO

Não houve interação ($p>0,05$) entre as formas e os níveis de vitamina D, para nenhuma das características de desempenho e qualidade óssea avaliadas nas fases experimentais, nem efeito isolado ($p>0,05$) das formas ou dos níveis sobre o GP, CR e CA na fase de 0 – 6 semanas de idade das aves (Tabela 3).

Tabela 3 - Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 6 semanas de idade, de acordo com as formas e os níveis de suplementação de vitamina D avaliados

Forma ¹	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Ganho de peso (g/ave)					
D ₃	344	348	347	351	348
D ₃ + 25-OHD ₃	346	344	352	348	348
D ₃ + 1 α -OHD ₃	344	344	348	347	346
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	345	346	347	349	347
Media	345	346	349	349	
CV (%) = 3,19					
Consumo de ração (g/ave)					
D ₃	826	834	830	830	830
D ₃ + 25-OHD ₃	830	828	834	832	831
D ₃ + 1 α -OHD ₃	832	833	831	831	832
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	830	833	829	830	831
Media	830	832	831	831	
CV (%) = 1,22					
Conversão Alimentar (g/g)					
D ₃	2,41	2,39	2,30	2,36	2,37
D ₃ + 25-OHD ₃	2,39	2,40	2,37	2,39	2,39
D ₃ + 1 α -OHD ₃	2,42	2,42	2,38	2,39	2,41
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	2,41	2,40	2,39	2,38	2,40
Media ¹	2,40	2,40	2,36	2,38	
CV (%) = 3,26					
Uniformidade (%)					
D ₃	96,66	95,83	96,66	97,50	96,66 a
D ₃ + 25-OHD ₃	96,66	95,83	97,50	98,33	97,08 a
D ₃ + 1 α -OHD ₃	94,16	95,00	95,00	95,83	95,00 b
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	91,66	94,16	97,50	95,00	94,58 b
Media	94,79	95,20	96,66	96,66	
CV (%) = 3,16					

¹Letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Skott Knott (P<0,05).

Os resultados obtidos para a fase de 0 a 6 semanas diferem dos resultados encontrados por Baker, Biehl e Emert (1998), que experimentaram com D₃ e níveis crescentes de vitamina D entre 0 e 37,5 μ g/kg (0 – 1500 UI/kg), na dieta de frangos de corte, durante a 2^a e

3ª semana de criação, comprovando efeito linear positivo que resultou em melhor GP.

Os resultados observados neste trabalho são diferentes aos encontrados por Del Rio, Ávila e Casaubon (2006) que, ao trabalhar com D_3 e 25-OHD₃, verificaram menor consumo de ração nos frangos de corte que foram alimentados com dietas com 2000 UI/kg de ração de D_3 como fonte de vitamina D.

Na fase de 0 a 6 semanas houve efeito ($p < 0,05$) das formas analisadas sobre a uniformidade das parcelas experimentais, maior uniformidade para os tratamentos que utilizaram o D_3 isolado ou associado ao 25-OHD₃ como fonte de vitamina D (Tabela 3).

Segundo Phadnis e Nemere (2003), existem receptores para 25-OHD₃ no epitélio intestinal e outros tecidos, o que indica um efeito direto sobre a absorção de Ca ao nível intestinal e outros mecanismos de ação para realizar funções em diversos sistemas fisiológicos. Os efeitos sobre %U na fase de 0 a 6 semanas podem ser explicados pelas diferenças no processo de ativação das fontes avaliadas, já que todos os tratamentos com 1 α -OHD₃ reduziram as quantidades plasmáticas de 25-OHD₃ no organismo.

Outros autores destacam que o 25-OHD₃ tem proteínas transportadoras específicas que facilitam que o processo de síntese do 1 α ,25(OH)₂D₃ se realize com maior vantagem (SITRIN et al., 1982).

Não houve diferenças ($p > 0,05$) para densitometria óssea radiográfica na fase de 0 a 6 semanas de idade, embora as demais avaliações de qualidade óssea tenham sido afetadas ($p < 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 4). O uso do D_3 , associado ao 1 α -OHD₃ como fonte

de vitamina D, produz maiores ($p < 0,05$) %CZ e %Ca nas tíbias das aves analisadas.

Tabela 4 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 6 semanas de idade, de acordo com as formas e os níveis de suplementação de vitamina D avaliados

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Cinzas (%)					
D ₃	57,25	55,73	56,31	56,85	56,54 b
D ₃ + 25-OHD ₃	57,64	56,89	55,67	56,41	56,65 b
D ₃ + 1 α -OHD ₃	58,16	57,46	57,67	58,57	57,96 a
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	56,40	57,73	57,51	56,65	57,07 b
Media	57,36	56,95	56,79	57,12	
CV (%) = 2,16					
Cálcio (%)					
D ₃	22,94	22,04	21,83	22,83	22,41 b
D ₃ + 25-OHD ₃	22,02	22,25	22,53	22,32	22,28 b
D ₃ + 1 α -OHD ₃	22,57	23,80	23,60	23,90	23,47 a
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	22,47	22,05	22,48	22,99	22,50 b
Media	22,50	22,53	22,61	23,01	
CV (%) = 5,92					
Fosforo (%)					
D ₃	9,72	9,50	9,43	9,79	9,61 b
D ₃ + 25-OHD ₃	9,82	9,85	9,51	10,02	9,80 b
D ₃ + 1 α -OHD ₃	9,60	9,95	9,70	10,26	9,88 b
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	9,49	10,11	10,31	10,41	10,08 a
Media ²	9,66	9,85	9,74	10,12	
CV (%) = 5,16					
Densitometria óssea radiográfica (mm/Al)					
D ₃	1,59	1,67	1,69	1,61	1,64
D ₃ + 25-OHD ₃	1,69	1,66	1,74	1,68	1,69
D ₃ + 1 α -OHD ₃	1,70	1,69	1,81	1,66	1,72
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	1,76	1,64	1,78	1,65	1,71
Media	1,68	1,67	1,75	1,65	
CV (%) = 12,31					

¹ Letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Skott Knott ($P < 0,05$).

² Efeito linear Fosforo (%) = $9,528 + 0,126 \times$ suplementação de vitamina D; $R^2 = 65,73\%$.

Estes resultados são similares aos publicados por Edwards et al. (2002), que compararam a utilização de níveis crescentes de D_3 (0, 100, 200 e 400 UI/kg) e de 1α -OHD₃ (0, 25, 50 e 100 UI/kg) como fontes isoladas de vitamina D para frangos de corte na 2ª semana de idade, determinando pela análise do %CZ que a 1α -OHD₃ tem 8 vezes maior atividade biológica que a D_3 .

Semelhante ao fato que Han et al. (2009) demonstraram ao incluir 1α -OHD₃ (200 UI/kg) associada a D_3 (1000 UI/kg) em rações de frangos de corte, incrementando o %CZ e o %Ca na fase de 0 a 3 semanas de idade.

Porém, os níveis de vitamina D formulados não afetaram nesta fase (0- 6 semanas) o %CZ nas tíbias das aves analisadas, em desacordo com os resultados publicados por Baker, Biehl e Emert (1998).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) na %P na tíbia das aves, dependendo do nível de suplementação e as fontes de vitamina D formuladas, a %P aumentou à medida que se acrescentaram os níveis da vitamina na dieta, e, quando se utilizou a D_3 associada ao 25-OHD₃ e 1α -OHD₃ como fonte de vitamina D.

Caso similar ocorreu na pesquisa de Han et al. (2009), onde se verificou que, quando se associa 1α -OHD₃ (200 UI/kg) com o D_3 (1000 UI/kg), aumenta-se a retenção do P dentro do organismo dos frangos de corte.

Na fase de 0 a 12 semanas não houve diferenças ($p > 0,05$) nas variáveis de desempenho avaliadas (Tabela 5); GP, CR, CA e %U não foram afetados pelas fontes e os níveis estudados. Brito et al. (2010) concluíram que a associação de D_3 com 25-OHD₃ melhora o desempenho

produtivo de frangos de corte, resultado que não aconteceu nesta pesquisa com frangas leves de reposição.

Tabela 5 - Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 12 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Ganho de peso (g/ave)					
D ₃	840	851	848	855	849
D ₃ + 25-OHD ₃	844	851	856	853	851
D ₃ + 1 α -OHD ₃	846	854	852	848	850
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	845	850	855	854	851
Media	844	852	853	853	
CV (%) = 1,92					
Consumo de ração (g/ave)					
D ₃	2745	2752	2750	2745	2748
D ₃ + 25-OHD ₃	2739	2740	2742	2742	2741
D ₃ + 1 α -OHD ₃	2739	2748	2738	2747	2743
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	2743	2745	2742	2745	2744
Media	2742	2746	2743	2745	
CV (%) = 1,34					
Conversão Alimentar (g/g)					
D ₃	3,27	3,24	3,25	3,21	3,24
D ₃ + 25-OHD ₃	3,25	3,22	3,2	3,22	3,22
D ₃ + 1 α -OHD ₃	3,24	3,22	3,21	3,24	3,23
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	3,23	3,23	3,21	3,21	3,22
Media	3,25	3,23	3,22	3,22	
CV (%) = 1,67					
Uniformidade (%)					
D ₃	92,10	91,22	90,35	92,98	91,66
D ₃ + 25-OHD ₃	91,22	93,86	92,10	93,86	92,76
D ₃ + 1 α -OHD ₃	91,22	92,98	91,22	92,98	92,10
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	91,22	93,86	91,23	91,22	91,88
Media	91,44	92,98	91,22	92,76	
CV (%) = 4,59					

Não foi detectada nenhuma diferença no %CZ, %Ca, %P e DEN entre as tíbias das frangas analisadas na fase de 0 a 12 semanas de idade,

resultados apresentados na tabela 6. É importante ressaltar que o NRC (1994) sugere utilizar 200 UI de vitamina D por kg de alimento para frangas leves de reposição; como os níveis utilizados nesta pesquisa vão de 500 UI ate 2000 UI por kg, é possível que as fontes de variação formuladas para esta fase experimental (0 a 12 semanas) não permitam gerar diferenças entre os tratamentos, porém considerando a recomendação de 2000 UI por kg de vitamina D da casa genética (INSTITUTO DE SELECCIÓN ANIMAL, 2009), é necessário fazer novas pesquisas com níveis de suplementação de vitamina D mais baixos.

Tabela 6 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 12 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Cinzas (g/ave)					
D ₃	57,19	55,94	57,67	58,16	57,24
D ₃ + 25-OHD ₃	57,50	56,66	57,09	56,77	57,00
D ₃ + 1 α -OHD ₃	57,96	58,58	57,70	58,70	58,23
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	56,54	56,88	58,07	58,67	57,54
Media	57,30	57,01	57,63	58,08	
CV (%) = 4,18					
Cálcio (%)					
D ₃	27,59	27,27	28,36	27,87	27,77
D ₃ + 25-OHD ₃	27,93	27,80	28,15	28,61	28,12
D ₃ + 1 α -OHD ₃	27,35	28,19	28,16	28,43	28,03
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	28,21	27,08	28,41	28,37	28,27
Media	27,77	27,84	28,27	28,32	
CV (%) = 5,33					
Fósforo (%)					
D ₃	9,69	9,36	9,70	9,58	9,58
D ₃ + 25-OHD ₃	9,74	9,77	9,59	9,56	9,66
D ₃ + 1 α -OHD ₃	9,42	9,35	9,98	9,57	9,58
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	9,23	9,80	10,23	9,49	9,69
Media	9,52	9,57	9,87	9,55	
CV (%) = 6,85					
Densitometria óssea radiográfica (mm/Al)					
D ₃	1,79	1,94	1,97	1,93	1,91
D ₃ + 25-OHD ₃	1,73	2,08	1,91	1,88	1,90
D ₃ + 1 α -OHD ₃	1,93	1,99	2,05	1,90	1,97
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	1,93	1,93	1,92	2,03	1,95
Media	1,85	1,99	1,96	1,93	
CV (%) = 15,94					

A CA foi melhor ($p < 0,05$), à medida que se aumenta (Efeito linear) a quantidade de suplementação com vitamina D na ração na fase total de 0 a 18 semanas de idade, porém o GP, CR e %U não apresentaram diferenças significativas nesta fase (Tabela 7).

Tabela 7 - Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade em frangas leves de reposição de 0 a 18 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Ganho de peso (g/ave)					
D ₃	1260	1265	1266	1274	1266
D ₃ + 25-OHD ₃	1262	1274	1277	1270	1271
D ₃ + 1 α -OHD ₃	1262	1271	1270	1263	1266
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	1263	1266	1273	1276	1269
Media	1262	1269	1271	1271	
CV (%) = 1,25					
Consumo de ração (g/ave)					
D ₃	5397	5376	5392	5375	5385
D ₃ + 25-OHD ₃	5370	5385	5376	5370	5375
D ₃ + 1 α -OHD ₃	5384	5383	5385	5385	5384
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	5383	5376	5371	5389	5380
Media	5383	5380	5381	5380	
CV (%) = 1,38					
Conversão Alimentar (g/g)					
D ₃	4,29	4,25	4,26	4,22	4,26
D ₃ + 25-OHD ₃	4,26	4,23	4,21	4,23	4,23
D ₃ + 1 α -OHD ₃	4,27	4,23	4,24	4,27	4,25
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	4,26	4,25	4,22	4,22	4,24
Media ¹	4,27	4,24	4,23	4,24	
CV (%) = 1,14					
Uniformidade (%)					
D ₃	94,44	95,37	93,51	96,29	94,90
D ₃ + 25-OHD ₃	92,59	94,44	94,44	93,51	93,75
D ₃ + 1 α -OHD ₃	93,52	92,59	93,52	94,44	93,52
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	92,59	94,44	93,52	92,59	93,28
Media	93,28	94,21	93,75	94,21	
CV (%) = 4,27					

¹ Efeito linear Conversão Alimentar (g/g) = 4,267 - 0,012 X suplementação de vitamina D; R² = 79,99% .

Os resultados apresentados diferem das conclusões de Yarger et al. (1995), que constataram que a formulação como fonte isolada de 25-OHD₃ produz melhor peso final e CA que quando se utiliza D₃ como fonte em dietas de frango de corte, porém são similares para o nível de

suplementação, já que os pesquisadores verificaram efeito dose resposta linear dentro dos níveis testados (0 – 5600 UI/kg) no experimento, com maior resultado para GP quando se formula entre 2000 e 2800 UI/kg de vitamina D.

Da mesma forma, Fritts e Waldroup (2003) pesquisaram a inclusão de D₃ e 25-OHD₃ como fontes de vitamina D, com diferentes níveis de suplementação (125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 UI/kg), na dieta de frangos de corte, verificando que o peso final das aves aumentou quando o nível de suplementação da vitamina era maior que 500 UI/kg na dieta independente da fonte utilizada.

As fontes de vitamina D estudadas não modificaram ($p>0,05$) as características ósseas das tíbias das frangas leves na fase de 0 a 18 semanas de idade. Por outro lado, independentemente das fontes, os níveis de vitamina D influenciam, positivamente, os teores de cálcio e fósforo ósseo. Verificou-se efeito linear ($p<0,05$), com teores mais altos de cálcio e fósforo na tíbia à medida que se aumenta a quantidade de vitamina D na ração (Tabela 8).

Em outro trabalho similar, publicado por Whitehead et al. (2004), foram utilizados diversos níveis de suplementação (200, 800, 5000 e 10000 UI/kg) de vitamina D na dieta de frangos de corte e foi determinado que com 5000 UI/kg de vitamina D se aumentou o %CZ, do mesmo jeito que foram diminuídos os problemas ósseos nas tíbias dos frangos avaliados. As fontes e os níveis de suplementação de vitamina D avaliadas neste trabalho não alteram o %CZ e a DEN das tíbias nas frangas leves na fase de 0 a 18 semanas de idade.

Tabela 8 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 18 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Cinzas (%)					
D ₃	57,05	58,70	57,90	58,02	57,92
D ₃ + 25-OHD ₃	56,94	57,88	58,77	57,48	57,77
D ₃ + 1 α -OHD ₃	56,49	58,07	59,31	58,52	58,10
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	56,71	57,35	57,46	58,59	57,53
Media	56,80	58,01	58,36	58,15	
CV (%) = 3,87					
Cálcio (%)					
D ₃	29,15	30,69	30,64	31,16	26,41
D ₃ + 25-OHD ₃	28,95	30,41	31,86	31,96	26,79
D ₃ + 1 α -OHD ₃	30,71	30,40	32,01	32,56	27,42
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	29,58	29,96	30,64	31,97	26,53
Media ¹	29,60	29,36	31,29	31,91	
CV (%) = 7,62					
Fosforo (%)					
D ₃	10,00	9,46	10,00	10,45	9,97
D ₃ + 25-OHD ₃	9,49	9,93	10,24	10,58	10,06
D ₃ + 1 α -OHD ₃	9,74	9,90	10,51	10,75	10,22
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	9,66	9,75	10,38	10,36	10,04
Media ²	9,71	9,76	10,28	10,53	
CV (%) = 6,31					
Densitometria óssea radiográfica (mm/Al)					
D ₃	1,90	1,99	2,02	2,09	1,99
D ₃ + 25-OHD ₃	1,97	2,13	2,14	2,15	2,09
D ₃ + 1 α -OHD ₃	2,10	2,11	2,13	2,22	2,14
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	2,15	2,21	2,07	2,19	2,15
Media	2,03	2,11	2,09	2,16	
CV (%) = 13,44					

¹ Efeito linear Cálcio (%) = $20,821 + 0,787 \times$ suplementação de vitamina D; $R^2 = 96,52\%$.

² Efeito linear Fosforo (%) = $9,329 + 0,297 \times$ suplementação de vitamina D; $R^2 = 92,05\%$.

Por outro lado, Fritts e Waldroup (2003) determinaram que seja necessário suplementar até 2000 UI/kg de D₃ na ração para produzir o maior %CZ e que não existe diferença em suplementar 125 UI/kg ou

5000 UI/kg de 25-OHD₃ sobre o %CZ, na tíbia de frangos de corte de 49 dias de idade. Embora o %CZ não foi modificado pelas diferentes fontes de vitamina D avaliadas no presente trabalho, o %Ca e o %P aumentaram à medida que se incrementou o nível de suplementação de vitamina D na ração.

Não houve interação ($p>0,05$) entre as fontes e os níveis de vitamina D testados na fase inicial, de cria e recria de frangas leves de reposição sobre as características de desempenho e qualidade de ovo avaliadas na fase de 24 a 40 semanas de idade.

Observou-se efeito ($p<0,05$) dos períodos experimentais, para todas as médias de desempenho produtivo na fase de produção de ovo (Tabela 9), isso em razão do comportamento produtivo das aves, ao longo do ciclo de produção.

Tabela 9 - Desempenho e qualidade de ovo em poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com os períodos experimentais

Parâmetro	Períodos ¹				CV%
	1	2	3	4	
Consumo de ração (g/dia)	106,71 A	107,16 B	107,30 B	107,90 C	1,68
Produção de ovo (%)	94,49 A	92,57 B	91,38 C	89,78 D	2,18
Peso de ovo (g)	61,36 C	62,48 B	63,01 A	63,21 A	1,43
Conversão alimentar (g/g)	1,82 A	1,83 B	1,83 B	1,87 C	2,46
Porcentagem de gema (%)	25,11	25,16	25,35	25,14	4,42
Porcentagem de albúmen (%)	64,18	64,13	64,03	64,21	1,83
Porcentagem de casca (%)	10,71	10,70	10,62	10,65	5,06
Peso específico (g/cm ³)	1,087 A	1,085 B	1,084 C	1,086 B	0,35

¹ Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Skott-Knott ($P<0,05$).

Não houve efeitos ($p>0,05$) residuais sobre as variáveis de desempenho produtivo das poedeiras na fase de postura (24 – 40 semanas), produzidos pelas fontes e níveis de vitamina D, fornecidos na dieta das aves na fase inicial, de cria e recria. Os resultados estão apresentados nas tabelas 10.

Tabela 10 - Produção de ovo, peso de ovo, consumo de ração e conversão alimentar em poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D testados de 0 a 18 semanas de idade

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Produção de ovo (%)					
D ₃	92,43	92,76	91,66	92,07	92,23
D ₃ + 25-OHD ₃	92,36	91,96	92,13	91,65	92,03
D ₃ + 1 α -OHD ₃	91,92	92,21	91,60	92,20	91,98
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	92,04	91,89	91,79	92,18	91,97
Media	92,19	92,20	91,80	92,03	
CV (%) = 2,180					
Peso de ovo (g/ovo)					
D ₃	62,83	62,50	62,31	62,70	62,58
D ₃ + 25-OHD ₃	62,35	62,15	62,52	62,19	62,30
D ₃ + 1 α -OHD ₃	62,50	62,67	62,58	62,70	62,61
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	62,54	62,59	62,49	62,56	62,54
Media	62,55	62,48	62,47	62,54	
CV (%) = 1,430					
Consumo de ração (g/ave)					
D ₃	107,11	107,33	107,39	107,31	107,28
D ₃ + 25-OHD ₃	107,30	107,25	107,21	107,47	107,30
D ₃ + 1 α -OHD ₃	107,54	107,17	107,32	107,24	107,31
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	107,25	107,37	107,49	107,42	107,38
Media	107,30	107,28	107,35	107,36	
CV (%) = 2,460					
Conversão Alimentar (g/g)					
D ₃	1,82	1,82	1,85	1,83	1,83
D ₃ + 25-OHD ₃	1,83	1,85	1,83	1,86	1,84
D ₃ + 1 α -OHD ₃	1,84	1,83	1,84	1,83	1,83
D ₃ + 25-OHD ₃ +1 α -OHD ₃	1,84	1,84	1,85	1,83	1,84
Media	1,83	1,83	1,84	1,84	
CV (%) = 0,680					

Outros pesquisadores, como Salvador, Faria e Mazzielli (2009), encontraram melhor CA utilizando 2.756 UI/kg de 25-OHD₃, embora Keshavarz (2003) não reportasse nenhum efeito significativo sobre o desempenho produtivo das galinhas poedeiras utilizando 2.760 UI/kg de 25-OHD₃. Em outro experimento, Hernández et al. (2001) testaram o efeito de incluir 2.750 UI/kg de D₃ para satisfazer a exigência de vitamina D em galinhas poedeiras e suplementaram 2.760 UI/kg de 25-OHD₃ sem observar efeitos sobre o rendimento produtivo das aves avaliadas.

Não houve ($p>0,05$) diferenças no peso específico, %Ge, %Al e %C nos ovos analisados (Tabela 12).

Tabela 11 - Peso específico, porcentagem de gema, porcentagem de casca e porcentagem de clara em ovos de poedeiras comerciais de 24 a 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D testados de 0 a 18 semanas de idade

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Peso Específico (g/cm ³)					
D ₃	1,086	1,088	1,086	1,085	1,086
D ₃ + 25-OHD ₃	1,086	1,086	1,086	1,086	1,086
D ₃ + 1 α -OHD ₃	1,086	1,086	1,086	1,086	1,086
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	1,087	1,085	1,085	1,086	1,086
Media	1,086	1,086	1,086	1,086	
CV (%) = 0,35					
Porcentagem de gema (%)					
D ₃	25,04	25,23	25,20	24,99	25,11
D ₃ + 25-OHD ₃	25,38	25,52	25,28	25,04	25,31
D ₃ + 1 α -OHD ₃	24,59	25,14	25,48	25,17	25,09
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	25,07	25,48	25,14	25,30	25,25
Media	25,02	25,34	25,28	25,12	
CV (%) = 4,42					
Porcentagem de casca (%)					
D ₃	10,74	10,74	10,64	10,53	10,66
D ₃ + 25-OHD ₃	10,70	10,81	10,53	10,67	10,68
D ₃ + 1 α -OHD ₃	10,72	10,62	10,61	10,69	10,66
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	10,80	10,66	10,58	10,69	10,68
Media	10,74	10,71	10,59	10,65	
CV (%) = 5,06					
Porcentagem de clara (%)					
D ₃	64,22	64,03	64,15	64,48	64,22
D ₃ + 25-OHD ₃	63,91	63,67	64,19	64,29	64,01
D ₃ + 1 α -OHD ₃	64,69	64,23	63,90	64,14	64,24
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	64,13	63,86	64,28	64,00	64,07
Media	64,24	63,95	64,13	64,23	
CV (%) = 1,83					

Não houve interação ($p > 0,05$) entre os níveis e as fontes de vitaminas D fornecidas de 0 a 18 semanas de idade sobre as características ósseas avaliadas no ultimo dia da semana 40. Não foram observadas ($p > 0,05$) diferenças na %CZ, %Ca, %P e na DEN nas tíbias das aves analisadas (Tabela 13).

Tabela 12 - Teor de cinzas, cálcio, fósforo e densitometria óssea radiográfica na tíbia de poedeiras comerciais de 40 semanas de idade, de acordo com as fontes e os níveis de vitamina D avaliados de 0 a 18 semanas de idade

Fonte	Níveis				Media
	500	1000	1500	2000	
Cinzas (%)					
D ₃	53,13	54,52	54,90	53,41	53,99
D ₃ + 25-OHD ₃	54,06	53,99	55,37	54,72	54,54
D ₃ + 1 α -OHD ₃	54,99	55,85	55,33	55,60	55,44
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	53,94	55,74	55,79	55,09	55,14
Media	54,03	55,03	55,35	54,70	
CV (%) = 8,68					
Cálcio (%)					
D ₃	32,20	32,01	31,55	32,79	32,14
D ₃ + 25-OHD ₃	31,93	32,74	31,92	31,86	32,11
D ₃ + 1 α -OHD ₃	31,55	32,24	32,55	31,84	32,04
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	32,38	31,81	31,88	32,04	32,03
Media ¹	32,02	32,20	31,98	32,13	
CV (%) = 6,12					
Fósforo (%)					
D ₃	10,60	10,64	10,40	10,11	10,44
D ₃ + 25-OHD ₃	10,61	10,28	10,18	10,69	10,44
D ₃ + 1 α -OHD ₃	10,13	10,72	10,15	10,04	10,26
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	10,65	10,34	10,13	10,53	10,41
Media ²	10,50	10,49	10,21	10,34	
CV (%) = 5,87					
Densitometria óssea radiográfica (mm/Al)					
D ₃	2,52	2,47	2,63	2,35	2,49
D ₃ + 25-OHD ₃	2,46	2,60	2,59	2,44	2,52
D ₃ + 1 α -OHD ₃	2,43	2,37	2,64	2,42	2,46
D ₃ + 25-OHD ₃ + 1 α -OHD ₃	2,60	2,42	2,41	2,54	2,49
Media	2,50	2,47	2,57	2,44	
CV (%) = 11,68					

Resultado diferente dos efeitos encontrados por Hernandez et al. (2001), que relataram aumento na espessura da casca, ao utilizar uma fonte de vitamina D composta por D₃ y 25-OHD₃. Salvador, Faria e Mazzielli (2009), por outro lado, verificaram que não existem diferenças, ao utilizar qualquer das duas fontes isoladas sobre o %Ge, %Al, %Cas,

peso específico y espessura da casca; resultados similares aos obtidos neste experimento.

Keshavarz (2003) não encontrou diferenças ao experimentar com D_3 e 25-OHD $_3$ como fontes isoladas no %CZ; resultado verificado por Salvador, Faria e Mazzielli (2009) que, além disto, reportaram aumento no %Ca nas tíbias das aves alimentadas com D_3 como única fonte de vitamina D na ração.

Pelos resultados do trabalho é possível afirmar que o efeito diferenciado dos metabolitos tem efeitos no desempenho e qualidade óssea das aves unicamente na fase inicial (0 a 6 semanas). Segundo Brito et al. (2006), a fase de 7 a 12 semanas de idade é onde se produz o maior crescimento ósseo, mas pelos resultados obtidos no presente trabalho, de 0 a 12 semanas de idade, é suficiente incluir 500 UI de D_3 por kg de ração para suprir a necessidade de vitamina D, de acordo ao desempenho produtivo e a qualidade óssea das aves nesta fase. O nível de suplementação de vitamina D, por outro lado, tem um efeito positivo no desempenho produtivo (CA) e na qualidade óssea (teor de Ca e P na tíbia) na fase de 0 a 18 semanas de idade. Porém, nenhuma das fontes de variação avaliadas, na fase experimental do presente trabalho, gera efeitos nas poedeiras comerciais na fase de postura.

4 CONCLUSÕES

A utilização de D_3 isolada ou associada a 25-OHD_3 melhora a uniformidade do lote na fase inicial (0- 6 semanas) de frangas leves de reposição. Associar D_3 com $1\alpha\text{-OHD}_3$ para suprir a necessidade de vitamina D incrementa o teor de cinzas e cálcio na tíbia, porém, o aumento do nível suplementação de vitamina D na ração incrementa o teor de fósforo da tíbia na fase inicial de frangas leves de reposição.

Utilizar 2000 UI/kg de vitamina D melhora a conversão alimentar e aumenta o teor de Ca e P na tíbia de frangas leves de reposição de 0 a 18 semanas de idade.

Tendo em conta as condições experimentais, os programas de suplementação, com diferentes níveis e formas de vitamina D na fase inicial, de cria e recria não têm efeito residual sobre o desempenho produtivo, a qualidade óssea e a qualidade do ovo de galinhas poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Levels and forms of vitamin D supplementation for white laying pullets

ABSTRACT

An experiment was conducted using 1920 white Dekalb laying pullets, with one day of age, during 18 weeks, in a completely randomized design with factorial scheme comprised of four levels of vitamin D (500 UI/kg, 1000 UI/kg, 1500 UI/kg and 200 UI/kg) and four forms of supplementation (1. 100% D₃; 2. 50% D₃ and 50% 25-OHD₃; 3. 50% D₃ and 50% 1 α -OHD₃; 4. 33.33% D₃, 33.33% 25-OHD₃ and 33.33% 1 α -OHD₃), with 6 replicates per treatment. The evaluations were performed in the last day of the 6th, 12th and 18th weeks. After the experimental phase, 12 birds of each replicate were housed in a production barn to evaluate the residual effects of the treatments used in the initial, brooding and rearing phases; over performance, egg quality and bone quality of 24th and 40th week laying pullets. There was no interaction ($p>0.05$) between the forms of supplementation and the levels of vitamin D evaluated in the experiment ($p>0.05$). In the phase from 0 to 6 weeks of age, better uniformity was observed when formulating with D₃ isolated or associated to 25-OHD₃; higher percentage of ash (AS) and calcium (Ca) when providing D₃ associated to 1 α -OHD₃, although there was increase ($p<0.05$) in the percentage of phosphorus when using all three sources of vitamin D associated. There were no effects ($p>0.05$) of the supplementation forms or levels analyzed in the phase from 0 to 12 weeks of age. In the phase from 0 to 18 weeks only, there was linear effect of the level of vitamin D₃ supplementation resulting in better ($p<0.05$) food conversion and higher ($p<0.05$) percentage of Ca and P in the tibias of white laying pullets. There were no effects ($p>0.05$) of the treatments from 0 to 18 weeks of age over productive performance, egg quality and bone characteristics of commercial laying pullets with 24 to 40 weeks of age.

Keywords: Commercial laying pullets. Productive performance. Bone quality. Egg quality.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D. D. et al. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 843-848, maio 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. Arlington, 2005. 1234 p.

BAKER, D. H.; BIEHL, R. R.; EMERT, J. L. Vitamin D₃ requirement of young chicks receiving diets varying in calcium and available phosphorus. **British Poultry Science**, London, v. 39, n. 3, p. 413-417, July 1998.

BARREIRO, F. R. et al. Densitometric and biochemical values of broiler tibias at different ages. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 12, p. 2644-2648, Dec. 2009.

BRITO, J. Á. et al. Efeito da vitamina D₃ e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 2656-2666, maio 2010.

BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1342-1348, jul./ago. 2006.

CRENSHAW, T. D.; RORTVEDT, L. A.; HASSEN, Z. Triennial growth symposium: a novel pathway for vitamin D-mediated phosphate homeostasis: implications for skeleton growth and mineralization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 7, p. 1957-1964, July 2011.

DEL RIO, J. C.; AVILA, E.; CASAUBON, M. T. Efecto del 25-Hidroxicolecalciferol (25-OH-D3) en presencia de aflatoxina B1 en presencia de aflatoxina b1, sobre el comportamiento productivo en el pollo de engorda. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Buenos Aires, v. 7, n. 12, dic. 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121206/120604.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

DSM NUTRITIONAL PRODUCTS. **DSM vitamins supplementation guidelines for domestic animals**. Basel, 2011. Disponível em: <http://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en_US/documents/OVN_supplementation_guidelines.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2013.

EDELSTEIN, S. et al. Synthesis of 1 α -Hydroxycholecalciferol and its metabolism in the chick. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v. 176, p. 111-117, 1978.

EDWARDS, H. M. et al. Quantitative evaluation of 1-alpha-hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 664-669, May 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, n. 1, p. 45-52, 2003.

HAN, J. C. et al. Effects of 1 a-hydroxycholecalciferol on growth performance, parameters of tibia and plasma, meat quality, and type IIb sodium phosphate cotransporter gene expression of one-to-twenty-one-day-old broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 2, p. 323-329, Feb. 2009.

HERNÁNDEZ, M. G. et al. Mejoramiento de la calidad del cascarón con 25 hidroxicolecalciferol [25-(OH)D3] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclos. **Archivos Veterinarios México**, Ciudad de México, v. 32, n. 3, p. 167-174, 2001.

INSTITUTO DE SELECCIÓN ANIMAL. **Dekalb white**: guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales. Boxmeer, 2009. 24 p.

JOHNSTON, M. S.; IVEY, E. Parathyroid and ultimobranchial glands: calcium metabolism in birds. **Seminary Avian Exotic Pets Medicine**, Washington, v. 11, n. 2, p. 84-93, Apr. 2002.

KESHAVARZ, K. A comparision betwen cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and egg shell quality of hens fed different leves of calcium and phosporus. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 9, p. 1415-1422, Sept. 2003.

LOUZADA, M. J. Q. **Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas de peças ósseas**. 1994. 191 p. Tese (Doutorado Engenharia Biomédica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of poultry**. 9th ed. Washington: National Academic Science, 1994. 155 p.

PHADNIS, R.; NEMERE, I. Direct, rapid effects of 25-hydroxyvitamin D₃ on isolated intestinal cells. **Journal of Cellular Biochemistry**, New York, v. 90, n. 2, p. 287-293, Oct. 2003.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252 p.

SALVADOR, D.; FARIA, D. E. de; MAZZIELLI, M. Vitaminas D e C para poedeiras na fase inicial de produção de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 887-892, maio 2009.

SITRIN, M. D. et al. Comparison of vitamin D and 25-hydroxyvitamin D absorption in the rat. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 242, p. G326-G332, 1982.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 1919-1934, Dec. 1995.

SOARES JÚNIOR, J. H.; SWERDEL, M. R.; BOSSARD, E. H. Phosphorus availability: 1., the effect of chick age and vitamin D metabolites on the availability of phosphorus in defluorinated phosphate. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, n. 5, p. 1305-1312, Sept. 1978.

WHITEHEAD, C. C. et al. High vitamin D₃ requirements in broilers for bone quality and prevention of tibial dyschondroplasia and interactions with dietary calcium, available phosphorus and Vitamin A. **British Poultry Science**, London, v. 45, n. 3, p. 425-436, June 2004.

YARGER, J. G. et al. Safety of 25 hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 1437-1446, 1995.