

Desempenho e qualidade da casca para poedeiras recebendo vitamina D nas rações de pré-postura e postura

Eliana Aparecida Rodrigues^{1*}, Otto Mack Junqueira¹, Luciana Cardoso Cancherini¹, Marcelo de Oliveira Andreotti², Elenice Maria Casartelli¹ e Antonio Carlos de Laurentiz¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Autor para correspondência. e-mail: elianaar@fcav.unesp.br

RESUMO. Um experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar níveis de vitamina D nas rações de pré-postura e postura de poedeiras comerciais. Foram utilizadas 192 poedeiras com 16 semanas de idade. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3x2 (3 níveis de vitamina D – 1.200, 2.400 e 3.600 UI/kg - na pré-postura e 2 níveis de vitamina D – 1.200 e 2.400 UI/kg - na postura), totalizando seis tratamentos com quatro repetições de oito aves cada. Iniciou-se com a ração de pré-postura às 16 semanas de idade das aves, sendo que a mesma foi fornecida até as aves atingirem 18 semanas de idade, quando, então, iniciou-se com a ração de postura. Os resultados mostraram que, tanto os parâmetros de desempenho, quanto os de qualidade da casca, não foram influenciados pelos diferentes níveis de vitamina D fornecidos na fase de pré-postura e na fase de postura.

Palavras-chave: poedeiras comerciais, pré-postura, produção de ovos, qualidade da casca, vitamina D.

ABSTRACT. Vitamin D levels on performance and eggshell quality of prelaying and laying hens. An experiment was conducted to evaluate vitamin D levels on performance and eggshell quality of prelaying and laying hens. One hundred and ninety two 16 week-old-hens were used. Hens were allotted in a completely randomized design in a factorial arrangement 3x2 (3 vitamin D levels – 1,200; 2,400 and 3,600 IU/kg in the prelaying phase and 2 levels, 1,200 and 2,400 IU/kg, in the laying phase) in a total of six treatments and four replications of eight birds each. A prelaying diet was offered to 16 to 18 week- birds, followed by the laying diet. The results showed that overall performance and egg shell quality were not affected by vitamin D levels in the diet of prelaying and laying periods.

Key words: commercial laying hens, prelaying, egg production, egg shell quality, vitamin D.

Introdução

As aves, no início de postura, experimentam o grande desafio de alcançar ao mesmo tempo a maturidade física e o pico de produção de ovos, sendo que o mesmo deverá ser mantido por várias semanas. Esses dois eventos fisiológicos ocorrem no momento em que o consumo de ração é relativamente baixo. Assim sendo, um aporte nutricional adequado é necessário para assegurar a longevidade da produção e de qualidade dos ovos, uma vez que a qualidade da casca é essencial para comercialização do ovo.

O fornecimento de rações com maiores níveis de nutrientes, pelo menos uma semana antes do início da postura, é uma prática indicada para evitar que as aves no início da fase de produção não entrem em balanço negativo, principalmente no que se refere ao

cálcio, o qual pode ocorrer no momento em que se inicia a formação da casca do ovo. Na fase de pré-postura, rações deficientes em cálcio acabam determinando a diminuição da qualidade da casca dos ovos na fase de produção. Para que o cálcio seja eficientemente utilizado pelas aves, é necessária a presença da vitamina D em quantidade adequada, sendo a deficiência desta a causa de raquitismo, diminuição no crescimento, hipocalcemia, entre outros eventos.

É bem conhecido que, em galinhas poedeiras, a síntese da proteína transportadora de cálcio (CaBP), a qual está envolvida no transporte do mesmo através da membrana intestinal e provavelmente através da membrana uterina, depende da presença da vitamina D₃ (Keshavarz, 2003).

A importância da vitamina D₃ (colecalfiferol) na nutrição das aves, é bem documentada (De Lucca,

1979; Scott *et al.*, 1982; Soares, 1984; Mc Dowell, 1989; De Blas e Mateos, 1991). Essa vitamina é requerida para o adequado metabolismo do cálcio e fósforo na formação e fortalecimento dos ossos, bico, patas e casca do ovo (Scott *et al.*, 1982; MC Dowell, 1989; De Blas e Mateos, 1991), e tem participação em todos os aspectos do processo de transporte transcelular do cálcio (Bronner, 1992), na síntese da proteína transportadora de cálcio, que tem a função de aumentar absorção do cálcio em nível intestinal, recuperar cálcio para o útero e depositá-lo na casca do ovo. No início da década de 60, Schachter *et al.* (1960) sugeriram que a vitamina D₃ fosse a responsável pelo transporte ativo do cálcio no intestino. Comprovadamente, a vitamina D₃ é necessária para a ave absorver, transportar e utilizar o cálcio e fósforo.

A vitamina D₃, dietética ou endógena, não é a forma ativa. Para se tornar ativa, ela é transportada para o fígado após ser absorvida no intestino delgado juntamente com os lipídeos da dieta (Rutz, 1994), onde sofre uma hidroxilação transformando-se em 25-hidroxicoilecalciferol (25-OH-D₃), sendo este o principal metabólito da vitamina D₃ circulante no sangue. Posteriormente, esse metabólito é transportado aos rins onde sofre outra hidroxilação, transformando-se na forma ativa 1,25-diidroxicoilecalciferol (1,25-(OH)₂-D₃). Portanto, qualquer problema que afete a integridade funcional do fígado e dos rins pode causar um efeito adverso na ação da vitamina D₃ e, conseqüentemente, na absorção e metabolismo do cálcio, ocasionando prejuízo no desempenho e qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais.

Considerada um hormônio, a vitamina D tem papel importante na homeostasia do cálcio e do fósforo, sendo que, para galinhas e outras aves, o coilecalciferol é a única forma química de vitamina D que atua como precursor nutricional do metabólito 1,25(OH)₂D₃ (Scott *et al.*, 1982).

Segundo Mc Dowell (1989), não há exigência nutricional de vitamina D quando há luz solar suficiente para que a mesma seja sintetizada pela pele a partir do 7-deidrocolesterol. A luz ultravioleta causa fotólise da pró-vitamina 7-deidrocolesterol na pele do animal para produzir pré-vitamina D₃. Em criações modernas de frangos de corte e de galinhas de postura, as aves permanecem em sistema de confinamento; portanto a conversão de 7-deidrocolesterol não assegura suficiente coilecalciferol para as aves (Goff e Horst, 1995). Sendo assim, é necessário que, para essas aves, se faça suplementação da vitamina D₃ nas rações (Bertechini, 1997).

Edwards *et al.* (1994) verificaram que as aves necessitam de 275 UCI de vitamina D/kg para ganho, 503 UCI/kg para cinzas ósseas, 552 UCI/kg para cálcio plasmático e 904 UCI/kg para prevenção de raquitismo. De acordo com esses resultados, os autores constataram que a recomendação de coilecalciferol do NRC (1984) para aves criadas na ausência de luz ultravioleta é inferior ao requerimento das aves.

Frost e Roland (1990) encontraram que a produção de ovos, o consumo de alimento, o peso dos ovos e o peso e a resistência da tíbia foram aumentados com a suplementação de 1,25(OH)₂D₃ na dieta. Os autores concluíram que as poedeiras comerciais metabolizaram suficiente 1,25(OH)₂D₃ a partir da vitamina D₃ dietética para manter a qualidade da casca, porém não para manter a resistência da tíbia. Nas aves com osteoporose, há altos níveis de 25(OH)D₃, enquanto que o nível de 1,25(OH)₂D₃ é baixo, o que significa que está ocorrendo alguma alteração na conversão renal de 25(OH)D₃ a 1,25(OH)₂D₃ (Caceres, 1994).

Shen *et al.* (1981), testando diferentes níveis de coilecalciferol (0, 125, 250, 375, 500 e 5.000 UI/kg) em poedeiras comerciais com 30 semanas de idade e 90% de produção, constataram um imediato decréscimo na produção e qualidade da casca (cascas deformadas) dos ovos de galinhas que não receberam a vitamina. Os autores concluíram que a severidade da deficiência da vitamina D₃ pode ser influenciada por um grande número de fatores, tais como: conteúdo de cálcio, fósforo e vitamina D₃ da ração, juntamente com fatores ambientais e produtivos. Shen *et al.* (1982) verificaram que, em aves recebendo rações semelhantes, mas com idades diferentes, as mais velhas suportaram a deficiência da vitamina por mais tempo. Isto pode indicar acentuada reserva corporal ou melhor aproveitamento da vitamina com o avançar da idade. Entretanto, Abe *et al.* (1982) sugeriram que o aumento na taxa de ovos trincados ou de casca mole está associado com distúrbios no metabolismo de vitamina D₃ inerentes à redução da enzima hidroxilase I no rim das aves velhas.

Faria *et al.* (1999a, b; 2001) demonstraram que a utilização de níveis de vitamina D superiores àqueles empregados rotineiramente mostrou-se benéfica para as características de desempenho e de qualidade da casca dos ovos. Segundo Yannakopoulos e Morris (1979), Abdulrahim *et al.* (1979) e Shen *et al.* (1981), quando as galinhas recebem níveis recomendados de vitamina D na dieta, as características de desempenho não são influenciadas. Contudo, quando não há suplementação da mesma, ou quando

está em níveis marginais na dieta, a produção de ovos e outras características são prejudicadas.

Baixos níveis ou a baixa eficiência da vitamina D₃ podem criar mais problemas relacionados com a produção e qualidade de casca em condições comerciais do que a absoluta deficiência dessa vitamina, uma vez que a absoluta deficiência resulta em uma rápida queda na produção e qualidade da casca, o que pode ser rapidamente diagnosticado (Shen *et al.*, 1981).

Os resultados de trabalhos de pesquisas (Keshavarz e Nakajima, 1993) indicaram que a qualidade da casca do ovo não pode ser melhorada pelo aumento no nível dos nutrientes envolvidos na formação da casca quando o seu requerimento já está suprido. Devido ao significado econômico da qualidade da casca do ovo na indústria, há um grande interesse em obter o máximo possível de informações sobre a influência dos numerosos fatores nutricionais que atuam na qualidade da casca.

Com base no exposto acima, o objetivo deste trabalho foi verificar quais os melhores níveis de vitamina D a serem utilizados tanto na fase de pré-postura como na fase de postura para melhorar o desempenho e qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais.

Material e métodos

Foram utilizadas 192 frangas semipesadas da linhagem Hisex Brown, com 16 semanas de idade, alojadas individualmente em gaiolas metálicas com 25 cm de frente, em um galpão de postura convencional, e distribuídas em 24 parcelas, sendo cada parcela experimental constituída por oito aves. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 2 (três níveis de vitamina D na fase de pré-postura e dois níveis de vitamina D na fase de postura), totalizando seis tratamentos com quatro repetições cada. Os níveis de vitamina D utilizados na fase de pré-postura e na fase postura foram: 1.200; 2.400 e 3.600 UI/kg e 1.200 e 2.400 UI/kg, respectivamente. As rações utilizadas foram à base de milho e farelo de soja, isonutritivas dentro de cada fase, exceto para a vitamina D, e foram formuladas conforme recomendações do NRC (1994). A composição percentual e os níveis nutricionais calculados das rações experimentais são apresentadas na Tabela 1.

Iniciou-se com a ração de pré-postura quando as aves completaram 16 semanas de idade, e no início da 18ª semana de idade a ração da fase de pré-postura foi trocada pela ração de postura. Após o início do período de postura e durante quatro ciclos de 28 dias (em um total de 112 dias), foram

avaliados: produção de ovos (percentagem de ovos/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar (kg de ração consumida/kg de ovos produzidos e kg de ração consumida/dúzia de ovos produzidos) e massa de ovos (g). A massa do ovo foi obtida através da multiplicação do peso médio dos ovos pela percentagem de produção dos mesmos. Para mensuração das características de qualidade de casca, como percentagem (%) e espessura de casca (mm), foram utilizados três ovos por parcela, produzidos nos dois últimos dias de cada período experimental. A gravidade específica (g/ml H₂O) foi realizada com todos os ovos íntegros produzidos nos dois últimos dias de cada período. As soluções salinas foram preparadas conforme as recomendações de Moreng e Avens (1990), com os devidos ajustes para um volume de 25 litros de água. A faixa de densidade das soluções foi de 1,065 a 1,100, com intervalos de 0,005.

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa Saeg (Saeg/Universidade Federal de Viçosa, 1982). E as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Composição percentual e níveis nutricionais das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Vitamina D (UI/kg)			
	Pré - postura			Postura
	1.200	2.400	3.600	1.200 2.400
Milho	68,54	68,54	68,54	58,05 58,03
Farelo de soja	18,74	18,74	18,74	28,28 28,28
Farelo de trigo	4,00	4,00	4,00	- -
Calcário	0,55	0,55	0,55	7,66 7,66
Óleo de soja	1,50	1,50	1,50	2,89 2,89
Fosf. bicalcico	2,19	2,19	2,19	2,05 2,05
Supl. vit. + min.	0,10	0,10	0,10	0,50 0,50
Sal	0,42	0,41	0,41	0,46 0,46
Vitamina D	0,010	0,015	0,023	0,010 0,015
DL - metionina	-	-	-	0,11 0,11
Inerte	3,95	3,95	3,95	- -
Calculado	100,00	100,00	100,00	100,00 100,00
EM (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900 2.900
PB (%)	15,10	15,10	15,10	18,01 18,01
Cálcio (%)	0,81	0,81	0,81	3,50 3,50
Fósforo total (%)	0,73	0,73	0,73	0,69 0,69
Fósforo disp. (%)	0,49	0,49	0,49	0,48 0,48
Metionina (%)	0,25	0,25	0,25	0,39 0,39
Met+cist. (%)	0,53	0,53	0,53	0,70 0,70
Metionina (%)	0,25	0,25	0,25	0,39 0,39
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,22 0,22

Suplemento vitamínico e mineral pré-postura: Enriquecimento por quilograma de ração: Vit. A-4.500 UI; Vit. E-10 mg; Vit. K₃-0,5 mg; Vit. B₂-2,5 mg; Vit. B₁₂-10 mcg; pantotenato de cálcio-5 mg; Niacina-5 mg; colina-100 mg; Cobre-62,5 mg; Ferro-50 mg; Iodo-0,35 mg; Selênio-0,15 mg; Manganês-60 mg; Zinco-40 mg; Antioxidante-0,125 mg. Suplemento vitamínico e mineral postura: Enriquecimento por quilograma de ração: Vit. A-8.000 UI; Vit. E-50 mg; Vit. K₃-3 mg; Vit. B₂-4 mg; Vit. B₁₂-15 mcg; pantetonato de Cálcio-10 mg; Niacina-30 mg; colina-250 mg; promotor de crescimento-50 mg; Cobre-75 mg; Ferro-50 mg; Iodo-1 mg; Selênio-0,3 mg; Manganês-100 mg; Zinco-70 mg; Antioxidante-0,625 mg.

Resultados e discussão

Observa-se na Tabela 2 que não ocorreu interação a nem diferenças significativas ($p > 0,05$)

entre os diferentes níveis de vitamina D estudados tanto na fase de pré-postura como na fase de postura para as características produção de ovos, peso de ovo, consumo de ração, conversão alimentar e massa dos ovos.

Os resultados do presente trabalho são similares aos encontrados por Mattila *et al.* (2004), os quais verificaram que as características de desempenho não tiveram diferenças significativas quando testaram diferentes níveis e fontes de vitamina D em aves com 20 semanas de idade. O mesmo ocorreu com Keshavarz (1996), o qual, trabalhando com dois níveis de vitamina D (2.200 e 4.400 UI/kg), não encontrou efeito significativo nas características de produção, peso e massa dos ovos, consumo de ração e conversão alimentar, resultados, que corroboram com aqueles obtidos por Faria *et al.* (1999c; 2000).

Por outro lado, Frost e Roland (1990), utilizando quatro níveis de vitamina D₃ (0; 500; 1.000 e 1.500 UCI vit.D₃/kg), verificaram um aumento na produção de ovos e no consumo de ração à medida que aumentaram o teor de vitamina D₃ da ração. Entretanto, o peso dos ovos não foi influenciado pelos diferentes níveis de vitamina D₃ fornecidos às aves. Ruschkowski e Hart (1992) observaram que frangas alimentadas com rações deficientes em cálcio e de vitamina D por um período de 8 semanas apresentaram, no período subsequente, menor consumo e menor produção de ovos em relação às aves alimentadas com níveis adequados de cálcio e de vitamina D.

Tabela 2. Níveis de Vitamina D sobre o desempenho de poedeiras comerciais.

Vitamina D (UI/kg)	Produção ovos (%)	Peso ovos (g)	Cons. ração (g/ave/dia)	CA (kg /kg)	CA (kg /Dz)	Massa ovos (g)
Efeito dos níveis de vitamina D na fase de pré-postura						
1.200	79,58	57,34	100,94	2,29	1,59	46,13
2.400	77,68	58,24	101,29	2,32	1,64	45,69
3.600	79,65	58,34	102,07	2,29	1,62	46,95
Efeito dos níveis de vitamina D na postura						
1.200	77,86	58,09	101,96	2,34	1,65	45,64
2.400	80,08	57,86	100,90	2,27	1,59	46,88
Valores de F						
Pré-postura	0,64 ns	1,42 ns	0,06 ns	0,09 ns	0,44 ns	0,69 ns
Postura	1,91 ns	0,18 ns	0,14 ns	1,55 ns	1,76 ns	1,95 ns
Pré x Postura	1,30 ns	0,05 ns	0,56 ns	0,86 ns	1,15 ns	1,22 ns
CV (%) ¹	4,98	2,24	6,73	6,49	6,45	4,70

¹CV-Coeficiente de Variação. ns – não significativo (P > 0,05).

Para os parâmetros de qualidade de casca, percentagem de casca, espessura de casca e gravidade específica (Tabela 3), independente da fase de fornecimento, os níveis de vitamina D não determinaram diferenças (P > 0,05). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Keshavarz (1996).

Entretanto, Faria *et al.* (1999b), utilizando três diferentes níveis de vitamina D (2.500; 3.000 e 3.500

UI/kg), constataram que a melhor espessura da casca foi obtida quando submeteram as aves a uma ração contendo 2.500 e 3.000 UI/kg, porém a percentagem de casca e a gravidade específica não foram influenciadas pelos tratamentos. Esses resultados são contrários aos encontrados por Frost e Roland (1990), que verificaram uma melhora significativa na gravidade específica e na percentagem de casca à medida que aumentaram o nível de vitamina D₃ da ração (de 0 até 1.500 UCI vit. D₃ / kg de ração).

Trabalhando com poedeiras comerciais de 72 semanas de idade, Faria *et al.* (2000) não encontraram diferenças significativas entre dois níveis de vitamina D (500 e 2500 UI vit.D/kg) para as características de qualidade de casca de ovo.

Yannakopoulos e Morris (1979) demonstraram em seus trabalhos que a espessura da casca, gravidade específica e deformação da casca do ovo não foram significativamente diferentes quando administraram rações contendo 1.500 ou 6.000 UI de vitamina D₃/ kg de alimento durante um período de 10 semanas.

Tabela 3. Níveis de Vitamina D sobre a qualidade da casca de ovo de poedeiras comerciais.

Vitamina D (UI/kg)	Percentagem de casca (%)	Espessura casca (mm)	Gravidade específica
Efeito dos níveis de vitamina D na fase de pré-postura			
1.200	9,60	0,376	1,0923
2.400	9,52	0,380	1,0916
3.600	9,49	0,378	1,0914
Efeito dos níveis de vitamina D na postura			
1.200	9,52	0,377	1,0918
2.400	9,55	0,379	1,0917
Valores de F			
Pré-postura	0,82 ns	0,35 ns	1,75 ns
Postura	0,12 ns	0,43 ns	0,04 ns
Pré x Postura	1,18 ns	0,40 ns	2,46 ns
CV (%) ¹	1,83	2,14	0,08

¹CV-Coeficiente de Variação. ns – não significativo (p > 0,05).

Conclusão

As características de desempenho e as características que expressam a qualidade de casca não foram alteradas pelos diferentes níveis de vitamina D avaliados nas rações. Sendo assim, conclui-se que o nível de 1.200 UI de vit.D/kg de ração é o suficiente para frangas Hisex Brown em início de produção e poedeiras na fase de produção.

Referências

- ABDULRAHIM S.M. *et al.* Effects of vitamin D₃ metabolites on production parameters and hatchability of eggs. *Poult. Sci.*, Champaign, v.58, n.4, p.858-863, 1979.
- ABE, E. *et al.* Disorders of cholecalciferol metabolism in old egg laying hens. *J. Nutr.*, Bethesda, v.112, n.2, p.436-446, Feb. 1982.
- BERTECHINI, A.G. *Nutrição de monogástricos*. Lavras:

- Ufla/Faepe. 1997.273 p.
- BRONNER, F. Current concepts of calcium absorption: an overview. *J. Nutr.*, Bethesda, v.122, n. 3, p. 641-643, 1992.
- CACERES, V.C. Efectos nutricionales sobre la calidad de la cáscara. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos, *Anais...* Santos: FACTA. p.35-57. 1994.
- De BLAS, C.; MATEOS, G.G. *Nutrición alimentacion de gallinas ponedoras*. Barcelona: Editorial Aedos; 1991, 263p.
- DeLUCA, H.F. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. *Nutr. Rev.*, Washington, DC., v.37, p.161-191. 1979.
- EDWARDS, H.M. *et al.* Quantitative requirement for cholecalciferol in the absence of ultraviolet light. *Poult. Sci.*, Champaign, v.73, p.288-294, 1994.
- FARIA, E.D. *et al.* Influencia de diferentes níveis de energia, vitamina D₃ e relação sódio:cloro sobre o desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.29, n. 2, p. 467-475, 2000.
- FARIA, E.D. *et al.* Suplementação de vitaminas D e C para poedeiras durante o primeiro ciclo de produção. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.1, n.2, p.135-244, 1999a.
- FARIA, E.D. *et al.* Influência de diferentes níveis de vitaminas D e C e idade das galinhas poedeiras sobre o desempenho e qualidade dos ovos. 1 – Verão. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.1, n.3, p.193-201, 1999b.
- FARIA, E.D. *et al.* Influência de diferentes níveis de vitaminas D e C e idade das galinhas poedeiras sobre o desempenho e qualidade dos ovos. 2 – Primavera. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.1, n.3, p.203-210, 1999c.
- FARIA, E.D. *et al.* Desempenho, temperatura corporal e qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com vitamina D e C em três temperaturas ambiente. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.3, n.1, p.49-56, 2001.
- FROST, T.J.; ROLAND, Sr. D. A. Influence of vitamin D₃, 1 α -Hydroxyvitamin D₃, and 1,25- Dihydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. *Poult. Sci.*, Champaign, v.69, p.2008-2016. 1990.
- GOFF, J.P.; HORST, R.L. Assessing adequacy of cholecalciferol supplementation in chicks using plasma cholecalciferol metabolite concentrations as an indicator. *J. Nutr.*, Bethesda, v.125, p.1351-1357, 1995.
- KESHAVARZ, K. A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 82, p.1415-1422, 2003.
- KESHAVARZ, K. The effect of different levels of vitamin C and cholecalciferol with adequate or marginal levels of dietary calcium on performance and eggshell quality of laying hens. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 75, p.1227-1235, 1996.
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 72, n.1, p. 144-153. 1993.
- MATTILA, P. *et al.* Effect of vitamin D₂ and D₃ enriched diets on egg vitamin D content, production, and bird condition during an entire production period. *Poult. Sci.*, Champaign, v.83, p. 433-440, 2004.
- Mc DOWELL, L.R. *Vitamins in animal nutrition*. Comparative aspects to human nutrition. San Diego: Academic Press, Inc; 1989.
- MORENG, R.E.; AVENS, J.S. *Ciência e produção de aves*. São Paulo: Livraria Roca Ltda; 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of poultry*. 9th Revised Edition. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1994.
- RUSCHKOWSKI, S.R.; HART, L.E. Ionic and endocrine characteristics of reproductive failure in calcium-deficient and vitamin D deficient laying hens. *Poult. Sci.*, Champaign, v.71, p. 1722-1732, 1992.
- RUTZ, F. Absorção de minerais e vitamina. In: FUNDAÇÃO APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS. Fisiologia da digestão e absorção das aves. Campinas: FACTA, 1994, p.83-98.
- SAEG – Sistema para análise estatística e genética. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982, 59p.
- SCHACHTER, D. *et al.* Active transport of calcium by small intestine of the rat. *Am. J. Physiol.*, Baltimore, v.198, p.263-268, 1960.
- SCOTT, M.L. *et al.* *Nutrition of the chicken*. Ithaca (NY): M.L.Scott & Associates; 1982.
- SHEN, H. *et al.* Egg production and shell quality of layers fed various levels of vitamin D₃. *Poult. Sci.*, Champaign, v.60, p.1485-1490, 1981.
- SHEN, H. *et al.* Influence of vitamin D deficiency on egg shell, membrane, and egg shell weight. *Poult. Sci.*, Champaign, v.61, p.746-749, 1982.
- SOARES, J.H., Jr. Calcium metabolism and its control-A review. *Poult. Sci.*, Champaign, v.63, n.10, p.2075-2083. 1984.
- YANNAKOPOULOS, A.L.; MORRIS, T.R. Effect of light, vitamin D and dietary phosphorus on egg-shell quality late in the pullet laying year. *Br. Poult. Sci.*, Basingstoke, v. 20, n.3, p.337-342, 1979.

Received on August 30, 2004.

Accepted on January 06, 2005.