

**RODRIGO LOPES DE ALMEIDA**

**NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÃO CÁLCIO: FÓSFORO DISPONÍVEL EM  
RAÇÕES PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES NO SEGUNDO CICLO DE  
PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**RODRIGO LOPES DE ALMEIDA**

**NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÃO CÁLCIO: FÓSFORO DISPONÍVEL EM  
RAÇÕES PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES NO SEGUNDO CICLO DE  
PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2011

---

Prof. Horacio Santiago Rostagno

(Coorientador)

---

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino

(Coorientador)

---

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto

---

Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa

---

Prof. Paulo Cezar Gomes

(Orientador)

*A Deus,*

*Aos meus pais, Geraldo e Valquíria, pelo amor e exemplo de vida,*

*À minha irmã, Cristiana, pelo carinho e a amizade,*

*Aos meus familiares, pela compreensão de minhas ausências,*

*Aos meus amigos pelo carinho e apoio incondicional.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado em Zootecnia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Paulo Cezar Gomes pela orientação e pelo exemplo de ética e profissionalismo.

Aos professores Luiz Fernando Teixeira Albino e Horacio Santiago Rostagno, pelos conselhos durante a realização deste trabalho.

Ao professor Sérgio Luiz de Toledo Barreto e ao Doutor Júlio Maria Ribeiro Pupa pelas sugestões atribuídas a dissertação.

Aos meus pais pela educação e incentivo para realização deste trabalho.

A minha irmã Cristiana pela amizade incondicional e pelo incentivo.

Aos meus amigos Rodolfo, Tati, Roque, Sabrina, Macaé, Bruno, Allan, Valdir, Renata, Quequé e Jorge, pelos momentos de descontração, pelo carinho e pela amizade sincera.

Aos colegas e companheiros de trabalho Allan, Bruno, Macaé, Cássia, Silvana, Helô e Tati pelas contribuições e apoio nas horas difíceis.

Aos funcionários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, em especial Adriano, Elísio, Joselino e Pedrinho e ao Zootecnista Mauro Godoi responsável pela fábrica de rações, pela atenção e ajuda atribuída.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial Celeste e Fernanda, pela paciência e dedicação;

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

## **BIOGRAFIA**

Rodrigo Lopes de Almeida, filho de Geraldo Ferreira Lopes e Valquíria Suely de Almeida Lopes, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 30 de Janeiro de 1987.

Em Fevereiro de 2005, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, graduando-se em Julho de 2009.

Em agosto de 2009, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástrico, na Universidade Federal de Viçosa – UFV submetendo-se à defesa de dissertação no dia 17 de Fevereiro de 2011.

## ÍNDICE

	Págs.
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	02
2.1. Importância do cálcio no organismo animal.....	02
2.2. Importância do fósforo no organismo animal.....	03
2.3. Importância das relações cálcio/fósforo no organismo animal.....	06
2.4. Efeito dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo na ração sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de poedeiras.....	08
2.5. Balanço de cálcio e fósforo.....	09
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1. Desempenho produtivo.....	18
4.2. Qualidade de casca.....	24
4.3. Características ósseas.....	27
4.4. Balanço de cálcio/fósforo.....	30
5. CONCLUSÃO.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
7. APÊNDICE.....	44

## RESUMO

Almeida, Rodrigo Lopes de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2011. **Níveis de cálcio e relação cálcio:fósforo disponível em rações para galinhas poedeiras leves no segundo ciclo de produção.** Orientador: Paulo Cezar Gomes. Coorientadores: Horacio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino

Objetivou-se determinar a exigência nutricional de cálcio e a melhor relação cálcio:fósforo disponível (Ca:Pd) para poedeiras leves no segundo ciclo de produção. Para isso, foi conduzido um experimento no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa com duração de 112 dias. Foram utilizadas 378 galinhas poedeiras Hy-Line W36, distribuídas em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 3, composto de três níveis de cálcio (3,7; 4,0 e 4,3 %) e três relações Ca:Pd (9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1), totalizando nove tratamentos com sete repetições e seis aves por unidade experimental. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo (produção de ovos; consumo de ração; peso e massa dos ovos; ganho de peso; conversão alimentar por dúzia e por massa dos ovos), de qualidade do ovo (porcentagem, peso e espessura de casca; gravidade específica e teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca), de características ósseas (peso da tíbia; teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia); de balanço de cálcio e fósforo (consumo de cálcio e de fósforo; teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na excreta e retido pelas aves) e mortalidade. Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd para conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos. Verificou-se efeito linear ( $P < 0,05$ ) dos níveis de cálcio sobre a produção de ovos, que também obteve efeito ( $P < 0,05$ ) das relações Ca:Pd. Os níveis de cálcio também influenciaram de forma linear ( $P < 0,05$ ) o consumo de ração, sendo que quanto maior o teor de cálcio na ração, menor o consumo de ração pelas aves. Quanto aos parâmetros de qualidade de casca, verificou-se que o aumento dos níveis de cálcio causou aumento linear ( $P < 0,05$ ) sobre o peso e porcentagem de casca, sobre a gravidade específica dos ovos e sobre porcentagem e valor absoluto de matéria mineral da casca. As relações Ca:Pd não apresentaram efeito ( $P > 0,05$ ) sobre os parâmetros de qualidade de casca. Quanto aos parâmetros ósseos, verificou-se que o aumento dos níveis de cálcio causou aumento linear ( $P < 0,05$ ) sobre o peso da tíbia, sobre o valor absoluto de matéria mineral na tíbia, porcentagem e valor absoluto de cálcio na tíbia e sobre o valor

absoluto de fósforo na tibia. As relações Ca:Pd também não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ) sobre os parâmetros ósseos. Com relação ao balanço de Ca:Pd, os níveis de cálcio da ração promoveram efeito linear ( $P<0,05$ ) sobre a porcentagem e valor absoluto da matéria mineral nas excretas, consumo de cálcio e de fósforo, teores de cálcio nas excretas (porcentagem e valor absoluto) e retenção de cálcio determinada em porcentagem. Quando a retenção de cálcio foi determinada em valor absoluto, não houve efeito significativo ( $P<0,05$ ). Também não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de cálcio sobre a excreção e retenção de fósforo pelas aves, tanto em porcentagem, quanto em valor absoluto. As relações Ca:Pd não influenciaram ( $P>0,05$ ) o consumo de cálcio pelas aves, os teores de matéria mineral e de cálcio nas excretas (tanto porcentagem, quanto em valor absoluto), a retenção de cálcio pelas aves (tanto em porcentagem, quanto em valor absoluto), a porcentagem de fósforo nas excretas e a porcentagem de fósforo retido pelas aves. No entanto, quando a retenção de fósforo foi determinada em valor absoluto, as relações Ca:Pd da ração promoveram efeito significativo ( $P<0,05$ ). Também, verificou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) das relações Ca:Pd sobre o consumo de fósforo e a excreção de fósforo em valor absoluto. A exigência de cálcio estimada para poedeiras leves no segundo ciclo de produção é no mínimo de 4,3%, correspondendo a um consumo médio de 3,9 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação Ca:Pd disponível é de 12,12:1, que corresponde a um consumo médio de 325 mg de fósforo/ave/dia



## ABSTRACT

Almeida, Rodrigo Lopes de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Levels of calcium and calcium/available phosphorus ratio in forced molting light-weight laying hens.** Adviser: Paulo Cezar Gomes. Co-advisers: Horacio Santiago Rostagno and Luiz Fernando Teixeira Albino

In order to determine calcium nutritional requirement and the best calcium: available phosphorus ratio for commercial laying hens in second production cycle (71 weeks old), was conducted an experiment with four periods of twenty-eight days each one. Three hundred seventy-eight Hy-Line W36 forced molting laying hens were used, distributed in a randomized experimental block design in a 3 x 3 factorial arrangement, composed of three levels of calcium (3.7; 4.0; and 4.3%) and three calcium: available phosphorus ratios (9,76:1; 10,81:1 and 12.12:1), totaling nine treatments with seven replicates with six birds each. The following parameters were evaluated: 1) performance: posture, feed intake, egg weight, egg mass, feed conversion (egg dozen and egg mass) and weight gain; 2) Shell quality: percentage, weight and thickness of egg shell; egg specific gravity; contents of ash, and calcium and phosphorus in the egg shell; 3) bone characteristics (tibia weight, contents of ash, calcium and phosphorus in the tibia); 4) calcium and phosphorus balance (calcium and phosphorus intake, contents of ash, calcium and phosphorus in excretion and retained by the birds) and 5) mortality. There was interaction ( $P < 0.05$ ) between calcium levels and calcium: phosphorus ratio for feed conversion (egg dozen and egg mass). The levels of calcium affected linearly ( $p < 0,05$ ) the posture, which also was affected ( $P < 0.05$ ) by calcium: available phosphorus ratios. Calcium levels also influenced linearly ( $P < 0.05$ ) feed intake, and the greater the amount of calcium in the diet, the lower feed intake by laying hens. Regarding the quality parameters of shell, found that increased levels of calcium promoted a linear increase ( $P < 0.05$ ) in weight and percentage of shell, specific gravity and percentage and content of ash in the shell. Calcium: phosphorus ratio did not affect ( $P > 0,05$ ) the quality parameters of shell. Was found that increased

levels of calcium caused a linear increase ( $P < 0.05$ ) on the weight of the tibia, on the absolute value of mineral matter in the tibia, the percentage and absolute amount of calcium in the tibia and on the absolute value of phosphorus in the tibia. Calcium: phosphorus ratio did not affect ( $P > 0.05$ ) the bone characteristics. Regarded to calcium and phosphorus balance, dietary calcium levels promoted a linear effect ( $P < 0.05$ ) on percentage and on the absolute value of the mineral matter in excreta, on consumption of calcium and phosphorus by the birds, on the levels of calcium in excreta, in percentage and in absolute value as well, and on retention of calcium determined as a percentage. When calcium retention was determined in absolute value, there was no significant effect ( $P > 0.05$ ). There was no effect ( $P > 0.05$ ) of levels of calcium on retention and excretion of phosphorus by birds, both in percentage and in absolute value, either. The calcium and phosphorus ratios did not influence ( $P > 0.05$ ) calcium intake by the birds, contents of mineral matter and calcium in the excreta in percentage and in absolute terms as well, retention of calcium by birds, in percentage and in absolute value as well, the percentage of phosphorus in feces and the percentage of phosphorus retained by the birds. However, when the retention of phosphorus was determined in absolute terms, the calcium and phosphorus ratios promoted a linear effect ( $P < 0.05$ ). There was also a linear effect ( $P < 0.05$ ) in the calcium/phosphorus ratios on phosphorus intake and on phosphorus excretion in absolute value. The requirement of calcium for commercial laying hens in second production cycle was estimated in the minimum of 4.3% in the diet that correspond an intake of 3.9 mg of calcium / hen/day. The better calcium: available phosphorus ration was 12.12:1, corresponding to a phosphorus intake of 325 mg/hen/day.

## 1. Introdução

Na formulação de rações para aves é importante otimizar a utilização dos alimentos, visto que grande parte do custo de produção é devido aos gastos com alimentação. Para isso, faz-se necessário o conhecimento do valor nutricional dos ingredientes utilizados e das exigências das aves de acordo com o seu estágio de desenvolvimento e produção, para que assim, sejam formuladas dietas adequadas a custos mínimos, resultando em maior eficiência produtiva.

O Cálcio e o fósforo são minerais importantes nas dietas para poedeiras, podendo influenciar, de maneira significativa, na qualidade da casca dos ovos, sendo que a eficiência de utilização desses minerais é dependente da quantidade e da relação entre ambos. O excesso de cálcio pode agir como antagonista dificultando a absorção de alguns minerais, tais como; ferro, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros, afetando a manutenção da homeostasia desses minerais. O fósforo em excesso prejudica a liberação de cálcio do osso e a adequada mineralização da casca do ovo. Por outro lado, a deficiência de fósforo também é prejudicial, podendo resultar em ovos de casca fina, além de queda na produção. Portanto, para que os animais possam expressar todo seu potencial produtivo é essencial que suas exigências em cálcio e fósforo, assim como suas relações, sejam atendidas nas rações.

Ao longo dos anos, as exigências de cálcio e de fósforo têm se modificado constantemente, principalmente em decorrência da evolução genética das linhagens comerciais. Além disso, são poucos os trabalhos recentes avaliando a exigência desses minerais para poedeiras comerciais no segundo ciclo de produção, sendo os resultados ainda conflitantes. Portanto, a determinação da exigência de cálcio e fósforo para poedeiras leves e a relação ideal entre eles podem contribuir para a melhor qualidade de casca dos ovos e para redução nos custos de produção e da excreção de fósforo para o ambiente, sendo importantes mais estudos nessa área. Desde modo, objetivou-se com esse trabalho determinar a exigência de cálcio e a melhor relação Ca: Pd disponível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção.

## **2. Revisão de Literatura:**

### **2.1. Importância do cálcio e do fósforo no organismo animal**

Os minerais são considerados elementos essenciais para uma boa nutrição animal. De um modo geral, os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na reprodução, no crescimento, no metabolismo energético, entre outras funções fisiológicas vitais, não só para manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade do animal (Bertechini, 2006).

O cálcio e o fósforo, juntamente com a proteína e a energia, exercem funções relevantes na nutrição das aves, estando diretamente relacionados ao metabolismo animal, particularmente na formação óssea, uma vez que, a mineralização neste tecido é formada por aproximadamente 98 a 99% do cálcio total do organismo e 80 a 85% do fósforo (Cabral et al., 1999). Desta forma, os ossos são grandes depósitos para suprir as necessidades circulantes desses minerais, sofrendo constante remodelagem e renovação. Sendo assim, se a concentração plasmática de cálcio começa a diminuir, rapidamente o cálcio é mobilizado do osso para restabelecer a concentração sanguínea. Também é importante ressaltar, que entre os minerais utilizados nas formulações de rações para aves, o fósforo é o que mais onera seu custo final.

O cálcio, além de ser um dos íons mais importantes do sistema ósseo, também atua na regulação da contração muscular, transmissão do impulso nervoso, coagulação sanguínea, ativação de sistemas enzimáticos e adesão celular, reprodução e formação do ovo (Macari, 2002). Logo, devido a sua grande utilização encontra-se sempre em transição entre o plasma e os ossos. Por isso, quando a ingestão desse elemento é suficiente ou excessiva ele é rapidamente depositado nos ossos, entretanto, ao contrário, o cálcio dos ossos é mobilizado, aumentando sua concentração no sangue (Simões, 2005).

O fósforo também participa como constituinte dos ácidos nucléicos e como componente de várias coenzimas, além de estar envolvido no armazenamento e transferência de energia. O fósforo está envolvido em quase todas, se não em todas, reações metabólicas (McDowell, 1992), podendo ser considerado como um dos

elementos mais versáteis do corpo animal. Em aves, a concentração sanguínea de fósforo é de 35 a 45 mg/ 100 ml, sendo que aproximadamente 10% deste está na forma de fosfato inorgânico (Scott et. al. 1982). Segundo Pizzolante (2000), o fósforo está envolvido na formação de colágeno e mineralização óssea, aumentando a resistência tênsil do osso e acelerando a cicatrização de fraturas, é ativador de coenzimas para o funcionamento de vitamina B, possui ainda a função tamponante no líquido intracelular e nos fluidos tubulares dos rins. Também influencia o apetite e a eficiência alimentar (Runho et al., 2001), além de estar altamente relacionado com a produção e a qualidade dos ovos.

A pequena produção científica em relação ao elemento fósforo sobre a qualidade da casca dos ovos é justificada por Harms (1982), pelo fato da casca conter somente 20 mg de fósforo. Por outro lado, a casca do ovo de galinhas contém 2100 mg de cálcio. O nível dietético de fósforo pode alterar não somente a qualidade da casca, mas também a produção de ovos. Muitas vezes o nível de fósforo que proporciona melhor qualidade de casca pode não ser o mesmo que proporciona melhor produção de ovos (Vandepopuliere & Lyons, 1992).

Na produção de ovos, é de fundamental importância verificar os níveis de cálcio e de fósforo que devem ser utilizados nas dietas, pois estão diretamente ligados à qualidade do ovo. O cálcio para as aves adultas é usado para a formação da casca, porém um excesso na dieta interfere na disponibilidade de outros minerais, tais como, fósforo, magnésio, manganês, zinco, sódio, potássio, entre outros (Smith & Kabaja, 1984).

## **2.2. Homeostasia, absorção e excreção do cálcio e fósforo no organismo animal**

Os hormônios calcitonina e paratormônios têm função relacionada com a forma ativa da vitamina D, a 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D), que controla o nível de cálcio e de fósforo sanguíneo (McDowell, 1992). Tais hormônios agem de tal forma que, em condições normais, a concentração do cálcio varia menos que 5%. Isso também assegura que o balanço do Ca<sup>2+</sup> seja zero, ou seja, a quantidade de Ca<sup>2+</sup> perdida na urina e no suor é compensada pela absorvida pelo intestino (Macari et al., 2002).

Quando o animal apresenta reduzido nível plasmático de cálcio, as glândulas paratireóides são estimuladas a secretarem o paratormônio, que atua aumentando a absorção de cálcio do filtrado glomerular e diminuindo a absorção de fosfato (Champe & Harvey, 1996). O paratormônio também atua nos rins promovendo a conversão da forma inativa da vitamina D na forma ativa (1,25-(OH)<sub>2</sub>D). Por sua vez, esta vitamina D ativa estimula a mobilização óssea de cálcio, ao mesmo tempo em que aumenta a absorção intestinal do cálcio, por aumento na síntese de proteína ligadora de cálcio (McDowell, 1992). Segundo Macari & Mendes (2005), há poucos relatos que abordam os níveis de paratormônio nas aves, provavelmente em decorrência do fato de serem extremamente baixos no plasma desses animais e elevar-se somente durante o período da deposição de cálcio na casca do ovo, após o qual decresce novamente.

As aves também produzem a calcitonina, um hormônio peptídico que contém 32 aminoácidos, que pode variar entre as espécies conferindo diversidade na bioatividade. A secreção de calcitonina tem como função reduzir a concentração de cálcio diminuindo a reabsorção óssea e aumentando a perda de íons cálcio e fosfato na urina (Champe & Harvey, 1996). A regulação da secreção de calcitonina é realizada pelo feed-back nas células especializadas. Altos níveis circulantes de calcitonina são encontrados em aves, mais elevados em machos do que em fêmeas, exceto por um período curto antes da postura.

Aves poedeiras requerem uma grande quantidade de Ca<sup>2+</sup> para formação da casca do ovo, o qual é obtido pela elevada absorção intestinal. O metabolismo ativo da vitamina D<sub>3</sub>(1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) é o controlador maior desse processo. Os rins sintetizam e secretam a 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. Vários fatores podem exercer controle sobre essa síntese, tais como paratormônio, 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> e prolactina. Deste modo, o 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> regula a absorção intestinal de Ca<sup>2+</sup> pela indução da transição de RNA e a síntese de proteínas específicas como a calbindina D28k.

Em poedeiras comerciais, o início da ovulação está ligado com um aumento da absorção de Ca<sup>2+</sup> e por altas concentrações de calbindina D28k, que coincide com o aumento nas concentrações de o . Além disso, a calbindina D28k tem um sinergismo com os esteróides sexuais (estrógeno), relacionado com o crescimento e a manutenção do oviduto (Nys, 1993), bem como no transporte de Ca<sup>2+</sup> no duodeno (Beck & Hansens, 2004).

Quando se fornece dietas com baixos níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  para as aves que se encontram com elevada exigência desse mineral, irá ocorrer um quadro de hipocalcemia. A hipocalcemia irá resultar na secreção de paratormônio, que por sua vez irá atuar especificamente nos rins, fígado e ossos, no intuito de aumentar os níveis séricos de cálcio. Nos rins, o paratormônio estimula a reabsorção renal de  $\text{Ca}^{2+}$  e provoca diurese de fosfato. Além disso, o paratormônio estimula a produção de  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  que promove a reabsorção de  $\text{Ca}^{2+}$  ao nível renal, absorção do  $\text{Ca}^{2+}$  ao nível intestinal e mobilização de  $\text{Ca}^{2+}$  ósseo. Esta ação conjunta aumenta a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  no sangue, levando a uma redução na secreção do paratormônio.

Durante a mobilização do cálcio ósseo, o fosfato é liberado conjuntamente com o cálcio (cristais de hidroxiapatita). Assim, o paratormônio aumenta a dissolução da matriz mineral óssea, reduzindo a absorção glomerular destes íons fosfatos prevenindo o aumento na concentração de  $(\text{PO}_4)^{-3}$  do plasma (Granner, 1990). Esse aumento da concentração plasmática de  $\text{Ca}^{2+}$  estimula as células C da glândula tireóide em mamíferos e as glândulas ultimobranquiais em aves (Hays & Swenson, 1996) a secretarem calcitonina, que tem como função reduzir a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  diminuindo a reabsorção óssea e aumentando a perda de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e fosfatos na urina (Champe & Harvey, 1996).

Quando ocorre a hipercalcemia, ou seja, ao fornecer dietas com altas quantidades de  $\text{Ca}^{2+}$ , ocorre a secreção de calcitonina nas aves. Esse hormônio inibe a mobilização de cálcio dos ossos e estimula a excreção de cálcio e fósforo nos rins. Essa ação faz com que os níveis de cálcio e fósforo sejam reduzidos no sangue (Macari et al. 2002).

A excreção de cálcio e de fósforo ocorre por dois processos. O primeiro está relacionado ao material que não foi absorvido. O segundo é por via urinária, onde há controle hormonal na excreção renal. Este controle da excreção é altamente correlacionado com a quantidade de cálcio e fósforo no plasma, e este, por sua vez, reflete o estado fisiológico do animal num determinado momento. Assim, a excreção é influenciada de forma direta pela absorção e utilização dos elementos químicos pelo animal. Desta forma, o paratormônio atua reduzindo de forma direta a excreção de cálcio via urina e, indiretamente (ação da vitamina D) via fezes, ao mesmo tempo

aumenta a excreção de fósforo devido sua ação sobre os ossos liberando íons  $(\text{PO}_4)^{-2}$  na circulação.

### **2.3. Importância do cálcio, do fósforo e da relação cálcio/ fósforo sobre o desempenho e qualidade dos ovos das aves**

Em aves, dietas deficientes em cálcio fazem com que haja mobilização óssea, aumentando sua concentração no sangue (Simões, 2005) e este osso se torne poroso, podendo levar à condição de osteoporose. Em poedeiras, durante a produção, esta condição se refere à fadiga da ave engaiolada.

As aves em crescimento requerem grande deposição de cálcio, uma vez que o conteúdo de cálcio no organismo das pintainhas alcança, ao final do primeiro mês de vida, 80% do total de cálcio da ave adulta (Edwards, 2000), a deficiência causa anormalidades no esqueleto, incluindo raquitismo, discondroplasia, artrites, etc. Elaroussi et al. (1994) encontraram que em poedeiras em produção, o aumento da demanda de cálcio é acompanhado por aumento da absorção intestinal e diminuição da excreção renal, ao mesmo tempo em que maior concentração de cálcio disponível no trato digestivo durante o período de formação da casca conduz a uma mobilização diminuída de reserva de cálcio do osso (Farmer et al., 1986).

A avicultura comercial tem perdas econômicas significativas ocasionadas por problemas na qualidade dos ovos. Os parâmetros de qualidade externa são caracterizados pela forma, limpeza e integridade da casca. A perda de ovos, associada à baixa qualidade de casca, aumenta com a idade. De acordo com Hester (1999), aproximadamente 13,4% dos ovos produzidos por poedeiras comerciais são perdidos decorrentes de alterações na qualidade da casca.

A casca atua como embalagem natural do conteúdo do ovo e como proteção ao embrião, por isso, deve ser suficientemente resistente para suportar os impactos da postura, coleta, classificação e transporte até alcançar o consumidor final (Pelícia et al., 2007). Segundo Prodlove (1996), a casca é constituída por uma armação de substâncias orgânicas (escleroproteína e colágeno) e de minerais (carbonato de cálcio e magnésio). Desses minerais, o carbonato de cálcio corresponde a 95%, e 40% desta molécula é formada por cálcio, o que equivale a cerca de 4% do peso do ovo (Miles, 2000).



Bar et al. (2002) reportaram que teores entre 3,6 a 4,0% de cálcio na dieta são suficientes para boa produção de ovos e maior qualidade da casca em poedeiras semipesadas de 57 a 92 semanas de idade. Rodrigues et al. (2005) recomendaram 3,5% (3,85g/ave/dia) de cálcio em dietas para poedeiras leves de segundo ciclo. Em experimento com poedeiras leves de 79 a 106 semanas de idade, Hernández-Sánchez et al. (2006) verificaram maior espessura de casca de ovo quando o consumo diário de cálcio foi de 4,02 g/ave, porém, recomendaram 3,17 g/ave/dia como nível econômico ótimo.

Costa et al. (2008), encontraram efeito linear crescente para porcentagem de casca e efeito quadrático para peso de casca (4,3% de cálcio), ao avaliar seis níveis de cálcio (3,0; 3,4; 3,8; 4,2; 4,6 e 5,0%), em rações com 0,375% de fósforo disponível, e obtiveram as relações Ca:Pd variando de 8:1 a 13,33:1 para poedeiras semipesadas após o pico de postura. Esses autores, concluíram que a ração deveria conter no mínimo 4,3% de cálcio para um consumo médio de 126g de ração/ave/dia. Entretanto, Murata et al. (2009), em trabalho com poedeiras leves, avaliaram três níveis de cálcio (3,75; 4,15 e 4,55%) combinados com diversas granulometrias do calcário, proporcionando as relações Ca:Pd de 8,92:1; 9,88:1 e 10,83:1 na ração e observaram maior produção de ovos no nível estimado de 4,05% de cálcio (4,05g/ave/dia) e maior resistência de casca no nível estimado de 4,06% de cálcio (4,06g/ave/dia), correspondente às relações cálcio/fósforo de 9,64:1 e 9,66:1, respectivamente.

Ao contrário do cálcio, o nível de fósforo no plasma sanguíneo, não tem um mecanismo de regulação eficiente e varia muito com o nível de fósforo oferecido na dieta. A qualidade da casca pode ser prejudicada tanto pelo baixo como pelo alto nível de fósforo na dieta. O fósforo tem importância significativa na qualidade de casca dos ovos, sendo este depositado no período final de formação do ovo e presente na casca do ovo em pequena quantidade ( $\pm$  20mg). Esta pequena quantidade não está homoganeamente distribuída, se encontra na parte exterior da casca, o que garante maior resistência sobre a mesma.

Summers (1995) observou redução na produção de ovos de poedeiras, após 32 semanas de idade ao fornecê-las ração com 0,2% de fósforo disponível. Em trabalho semelhante, Rao et al. (1992) observaram um aumento significativo na qualidade da casca, quando utilizaram dietas contendo 0,2% de fósforo disponível na 26ª semana de

idade das aves. Porém, o aumento foi somente temporário, medido pelo peso específico e resistência à quebra do ovo. Contudo, Rodrigues (1995), trabalhando com aves de segundo ciclo de postura, concluiu que 0,35% de fósforo disponível para a fase inicial e 0,25% para a fase final foram satisfatórios para o desempenho e qualidade do ovo das mesmas.

Para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção, Pelícia et al. (2009), em pesquisa com quatro níveis de fósforo (0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%) e quatro de cálcio (3,0; 3,5; 4,0 e 4,5%), concluíram que os níveis de 4,5% de cálcio (5,61 g/ave/dia) e 0,25% do fósforo dietético (311 mg/ave/dia), correspondentes à relação Ca:Pd de 17,2:1, não prejudicaram o desempenho e a qualidade de ovos.

O fósforo é um mineral que requer atenção especial, tanto pela sua importância metabólica como econômica. Segundo Gomes et al. (2004), o fósforo é indicado como o terceiro nutriente mais caro em uma ração para monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína.

#### **2.4. Importância do cálcio, do fósforo e das relações cálcio: fósforo disponível na ração sobre as características ósseas de poedeiras**

A quantidade de cálcio necessário para maximizar a mineralização do osso e da casca do ovo é maior do que é necessário para as outras funções, e é tipicamente usada como critério de resposta para fixar a exigência desse mineral.

Zoollitsch et al. (1996), citam que a absorção do cálcio ósseo para atender as necessidades metabólicas é um processo normal, e que a perda óssea de cálcio só se torna um problema quando houver deficiência prolongada. Esses mesmo autores observaram também que, a resistência e cinza óssea podem ser melhoradas pela manipulação do cálcio dietético. Huyghebaert & Degroote (1988) observaram que nem sempre a porcentagem de cinza nos ossos está positivamente correlacionada com a resistência à quebra.

Em rações com maiores níveis de cálcio, maior quantidade desse mineral seria absorvido. Isso aumentaria a disponibilidade de cálcio do trato digestivo, fazendo com

que durante o período de formação da casca, houvesse uma menor mobilização desse mineral no tecido ósseo (Farmer et al., 1986).

Carew & Foss (1980), trabalhando com diferentes níveis de fósforo, encontraram que nos níveis abaixo do requerido para ótimo desempenho, o nível deste no osso foi reduzido, sem haver queda na resistência óssea. Enquanto que Cortese Neto (1992) observou que com o aumento do fósforo disponível na ração houve aumento do fósforo na cinza, sem alterar o teor de cinza nos ossos.

Zoollitsch et. al. (1996) citam que a quantidade de cinza óssea é um critério melhor que a porcentagem de cinza óssea, na determinação da fragilidade óssea. Em estudo conduzido por Rezende et al. (2009) avaliando a influência de quatro níveis de fósforo disponível (0,10; 0,20; 0,30 e 0,40%) com suplementação de fitase sobre as características ósseas de poedeiras leves de 46 a 62 semanas de idade, não observaram efeito significativo sobre as características ósseas avaliadas. Entretanto, Boling et al. (2000), avaliaram os níveis de 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,45% de fósforo disponível e a inclusão de fitase nas rações contendo 3,8% de cálcio e observaram que o nível de 0,15% de fósforo disponível, ou seja, a relação Ca:Pd de 25,33:1, sem adição de fitase, provocou redução no teor de cinzas dos ossos e no peso das poedeiras.

## **2.5. Balanço de cálcio e fósforo**

Em muitos países, as recentes restrições ambientais fizeram com que os nutricionistas se voltassem para um cuidadoso manejo da nutrição protéica e mineral, obtendo níveis mais baixos de excreção de nitrogênio e minerais, sem prejudicar o desempenho dos animais. O excesso de fósforo eliminado nas fezes dos animais para o solo traz sérios problemas para o meio ambiente, devido à ocorrência dos processos de eutroficação e nitrificação, que provocam uma diminuição da quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos, além de contaminarem o solo e águas subterrâneas (Borrmann, 2001). Além disso, como já foi exposto, o fósforo é indicado como o terceiro nutriente mais caro em uma ração para monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína (Gomes et al., 2004).

O cálcio e o fósforo da dieta são absorvidos no intestino delgado. A quantidade absorvida é dependente da fonte, proporção e níveis de cálcio e de fósforo, pH

intestinal, vitamina D, etc. Como a maioria dos nutrientes, quanto maior a necessidade maior é a absorção, isto até determinado nível de ingestão. Esta absorção é facilitada pelo baixo pH, pois este é necessário para a solubilidade destes elementos químicos (Hans & Swenson, 1996).

A eficiência de absorção de Ca e fósforo estão inversamente relacionados com o aumento dos níveis desses minerais na dieta, tanto em frangos de corte, quanto em poedeiras (Chandramoni et al., 1998). A absorção aparente de cálcio e fósforo não é corrigida pela porção desses minerais presentes na excreta (Ammerman, 1995). O cálcio e fósforo em excesso são excretados na urina e nas fezes, aparecendo juntos nas excretas das aves (Georgievskii, 1982).

Snow et al. (2004) em pesquisa com poedeiras semipesadas, trabalharam com quatro níveis de fósforo disponível (0,16; 0,18; 0,2 e 0,45) e nível de cálcio fixo (3,8%), resultando em quatro relações cálcio: fósforo disponível (23,8:1; 21,1:1; 19,0:1 e 8,4:1). Esses autores verificaram que o nível de 0,45% de fósforo, que corresponde à relação cálcio: fósforo disponível de 8,4:1, foi aquela que apresentou maior excreção de fósforo.

Pelícia (2010) ao estudar quatro níveis de cálcio em esquema fatorial com quatro níveis de fósforo, o que resultou em 16 relações cálcio: fósforo disponível, verificou que o aumento dos níveis de cálcio promoveram aumento linear na excreção desse mineral. Porém os níveis de cálcio e os níveis de fósforo não causaram efeito sobre a excreção de fósforo.

Pastore (2010) ao estudar três níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5) e três relações cálcio: fósforo disponível (12,12:1; 10,53:1 e 9,30:1) para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, verificou que o aumento dos níveis de cálcio causou aumento linear sobre a matéria mineral da excreta (% e g/ave/dia) e sobre o cálcio na excreta (% e g/ave/dia), além de causar redução linear sobre a quantidade de cálcio retido. Quanto às relações cálcio: fósforo disponível, o autor verificou que a relação de 12,12:1 foi aquela que apresentou maior teor de fósforo retido.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa – MG, no período de dezembro de 2009 a abril de 2010.

Foram utilizadas 378 aves da marca comercial Hy-Line W-36 durante o segundo ciclo de produção. As aves foram distribuídas em delineamento de blocos casualizados, sendo um total de sete blocos, em esquema fatorial 3 x 3, composto de três níveis de cálcio e três relações cálcio: fósforo disponível (Ca:Pd), totalizando nove tratamentos com uma repetição por bloco e seis aves por unidade experimental.

Durante a fase de produção as aves foram manejadas segundo recomendações do manual da linhagem (Hy-Line W36, 2009), porém seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005) na elaboração das rações. As aves foram alojadas aos pares em gaiolas de 25x40x45cm, num galpão de postura de 12x8m, fechado nas laterais com tela e coberto com telhas de barro.

As aves foram submetidas à muda forçada com 65 semanas de idade. Foi utilizado o método de muda forçada recomendado por Cotta (2002), já devidamente testado para as condições do Estado de Minas Gerais.

Após completar o período de jejum, as aves receberam ração para frangas, seguindo-se as recomendações de Rostagno et al. (2005). Somente quando atingiram 60% de postura as aves receberão as dietas experimentais, o que ocorreu na 6ª semana após o início da muda, correspondendo a 71 semanas de idade.

Para determinar a exigência de cálcio e a melhor relação Ca:Pd as aves, com peso inicial de  $1,308 \pm 0,03$ , passaram a ser alimentadas com as rações experimentais, todas isonutritivas e isoenergéticas, exceto quanto aos níveis de cálcio e de fósforo disponível. Os níveis de cálcio e fósforo digestível nas rações foram obtidos a partir de uma ração basal (Tabela 1) deficiente nestes minerais. As rações foram suplementadas com calcário de granulometria média (50% grosso e 50% fino) de forma a obter rações

com 3,7; 4,0; e 4,3% de cálcio e com fosfato bicálcico de forma a proporcionar relações Ca: Pd de 9,76:1; 10,81:1 e de 12,12:1 (Tabela 2).

Foram realizadas análises para determinação dos teores de cálcio e de fósforo do farelo de soja, do milho moído e do fosfato bicálcico, além da granulometria e teor de cálcio dos calcários (Tabela 3).

As rações foram fornecidas diariamente em dois horários, às 8:00 e às 16:00 garantindo às aves consumo de alimento e água a vontade durante todo o período experimental.

O programa de luz adotado foi o mesmo utilizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, que consiste do fornecimento de um fotoperíodo de 17 horas de luz.

A temperatura e umidade relativa no interior do galpão foram monitoradas diariamente por dois termômetros de máxima e mínima e um de bulbo seco e úmido, distribuídos pelo galpão, posicionados à altura do dorso das aves.

O experimento teve duração de 16 semanas e foi subdividido em quatro subperíodos de coleta de ovos, sendo cada um correspondente a 28 dias, com os seguintes parâmetros a serem avaliados:

- **Taxa de postura:** foi computada diariamente, e de acordo com o número de aves alojadas por unidade experimental e a correção para mortalidade, foi calculada a produção média de ovos por ave/dia;

- **Consumo alimentar:** Foi determinado ao término de cada período de 28 dias, por meio da divisão da quantidade de ração consumida em cada unidade experimental pelo número de aves das unidades experimentais por dia. Dessa forma, o consumo será expresso como gramas de ração por ave/dia. Na ocorrência de mortalidade no tratamento, foi descontado o consumo médio de cada ave morta para obtenção do consumo médio corrigido;

- **Conversão alimentar:** foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dz) e pela massa de ovos (kg/kg).

- **Peso médio dos ovos:** foram utilizados todos os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada um dos quatro períodos de 28 dias. A média do peso dos ovos foi obtida pela divisão do peso total dos ovos coletados pelo número de ovos coletados, por unidade experimental;

**Tabela 1** - Composição percentual e valor nutricional da ração basal na matéria natural.

Ingredientes Basal (%)	
milho moído	55,817
Farelo de Soja	27,730
Óleo de soja	3,050
Sal comum	0,507
DL-metionina 99%	0,403
L-lisina HCl 78,4%	0,017
Triptofano 99%	0,004
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,050
Cloreto de colina 60%	0,020
BHT	0,010
Variável <sup>3</sup>	12,277
Total	100,000
Composição nutricional	
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2,900
Proteína Bruta (%)	17,370
Ácido Linoléico (%)	2,857
Lisina digestível (%)	0,838
Metionina+Cistina digest.(%)	0,838
Triptofano digestível (%)	0,193
Treonina digestível (%)	0,586
Sódio (%)	0,237
Cloro (%)	0,332
Potássio (%)	0,678

<sup>1</sup> - Suplemento vitamínico: vit. A - 8.000.000 UI; vit. D3 - 2.400.000 UI; vit. E - 22.500 mg; vit. B1 - 2.800 mg ; vit. B2 - 7.700 mg; vit. B12 - 18.000 mcg; vit. B6 - 4.500 mg; ácido pantotênico - 13.000.000 mg; vit. K3 - 1.800.00 mg; ácido fólico - 1.300.00 mg ; ácido nicotínico - 31.500 mg ; selênio - 400 mg; antioxidante 0,25 g; e excipiente q. s.p. - 1.000 g. <sup>2</sup> - Suplementação mineral: manganês - 160,0 g; ferro - 160,0 g; zinco - 100,0 g; cobre - 20,0 g; cobalto - 4,0 g; iodo - 2,0 g; e excipiente q. s. p. - 1000 g.

<sup>3</sup> - Complementação vide tabela 2.

**Tabela 2** - Composição percentual das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de cálcio / relação Ingredientes cálcio: fósforo disponível								
	3,7/ 12,12:1	3,7/ 10,81:1	3,7/ 9,76:1	4,0/ 12,12:1	4,0/ 10,81:1	4,0/ 9,76:1	4,3/ 12,12:1	4,3/ 10,81:1	4,3/ 9,76:1
Basal	87,722	87,722	87,722	87,722	87,722	87,722	87,722	87,722	87,722
Calcário	9,134	8,998	8,7178	9,865	9,718	9,572	10,596	10,439	10,281
Fosfato bicálcico	1,225	1,435	1,869	1,366	1,593	1,820	1,507	1,751	1,995
Areia lavada	1,917	1,843	1,689	1,045	0,964	0,884	0,172	0,086	0,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição</b>									
Cálcio	3,89	3,89	3,89	4,21	4,21	4,21	4,53	4,53	4,53
Fósforo disponível	0,32	0,36	0,40	0,35	0,39	0,43	0,37	0,42	0,46
Relação Ca: Pd	12,12:1	10,81:1	9,76:1	12,12:1	10,81:1	9,76:1	12,12:1	10,81:1	9,76:1

**Tabela 3**- Composição percentual de cálcio e de fósforo nos diferentes ingredientes.

Ingredientes	Cálcio (%)	Fósforo (%)
Farelo de soja	0,24	0,18
Milho moído	0,03	0,08
Fosfato bicálcico	23,26	19,21
Calcário fino	38,66	-
Calcário grosso	38,19	-



- **Massa de ovos:** foi expresso em gramas por ave por dia (g/ave/dia), multiplicando o peso médio dos ovos no período pelo número total de ovos produzidos no respectivo período, dividido pelo número total de aves dos dias relativos a esse período;

- **Mortalidade:** Foi anotada a mortalidade por unidade experimental diariamente e computada para cada período avaliado;

- **Ganho de peso:** todas as poedeiras de cada repetição foram pesadas no início e no final do período experimental, para obtenção do ganho de peso médio, que foi obtido pela diferença entre as duas;

- **Peso e porcentagem de casca:** foram utilizados dois ovos por dia de cada repetição durante os três últimos dias de cada período. Após pesados os ovos foram quebrados sendo feita a separação da gema e do albúmen. As gemas foram pesadas, as cascas lavadas e pesadas depois de secas ao ar. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e o peso da gema mais o peso da casca, para que dessa forma, fosse determinada a porcentagem de casca.

- **Gravidade específica dos ovos:** Nos 26, 27 e 28º dias, de cada período, todos os ovos íntegros coletados foram imersos e avaliados em soluções de NaCl com densidade variando de 1,055 a 1,100 g/cm<sup>3</sup>, com intervalos de 0,005 g/cm<sup>3</sup> entre elas, sendo a densidade ou peso específico medido por meio de um densímetro da marca OM-5565.

- **Espessura da casca:** A espessura média da casca foi obtida por meio da medição de cada casca resultante da avaliação do peso da casca, mencionada anteriormente. As espessuras foram medidas incluindo as membranas. A espessura média de cada ovo foi resultante da média proveniente de três leituras tomadas em três pontos distintos na região equatorial da casca. As leituras foram obtidas por meio de um micrômetro digital do tipo AMES S-6428.

- **Porcentagem de cálcio e fósforo na casca de ovo:** Durante todo o período experimental, as cascas dos ovos utilizadas para avaliação da espessura foram agrupadas

por tratamento e por período e secas em estufa a 105°C por 12 horas. Posteriormente, foram moídas para análises das porcentagens de cálcio e fósforo.

- **Porcentagem de cálcio e fósforo no osso:** Ao final do experimento, 72 aves (duas ave por repetição de cada tratamento) foram sacrificadas por deslocamento cervical para retirada das tíbias direita e esquerda para determinação do conteúdo de fósforo e cálcio nas tíbias. Os ossos foram identificados por tratamento e repetição e, depois, foram pré-desengordurados, mantidos em estufa de ventilação forçada por 72 horas e triturados em moinho de bola. A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva (1998) utilizando-se os procedimentos da via úmida. Da solução mineral determinaram-se os teores de fósforo, pelo método colorimétrico, e de cálcio, pelo método de absorção atômica.

- **Balanco cálcio e fósforo:** ao final do ciclo experimental, foram coletadas as excretas de três repetições de cada tratamento para determinar a excreção de cálcio e de fósforo. As excretas obtidas de cada tratamento foram misturadas e homogeneizadas, para a retirada de uma amostra que foi seca em estufa a 60°C por três dias.

A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva et. al. (2002) utilizando-se os procedimentos da via úmida. Da solução mineral, foram determinados os teores de fósforo, pelo método colorimétrico e de cálcio pelo método de absorção atômica. Os teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da excreta. Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais, calculou-se o balanço de cálcio e fósforo.

Os resultados encontrados foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste F ( $P < 0,05$ ). Na ausência de interação, o nível de cálcio foi obtido por regressão e a relação cálcio: fósforo disponível foi obtida pelo teste SNK (Student Newman Keuls), ambos a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG 9.1– Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – UFV (2007) através do seguinte modelo estatístico para as análises de variância:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Cai} + \text{Relj} + \text{CaRelij} + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijk}$  = observação  $k$  da unidade experimental submetida aos tratamentos  $C_{ai}$  e  $Rel_j$ ;

$\mu$  = constante geral;

$C_{ai}$  = efeito dos níveis de cálcio (3,9; 4,2; 4,5);

$Rel_j$  = efeito das relações cálcio/fósforo disponível (12,12; 10,53; 9,30);

$CaRel_{ij}$  = efeito da interação níveis de cálcio  $\times$  relações Ca:Pd;

$e_{ijk}$  = erro aleatório

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de temperaturas mínima e máxima no interior do galpão durante o experimento foram de 20,81 e 32,03 °C, caracterizando que as aves estavam fora da faixa de termoneutralidade para poedeiras no período de produção, que é de 15 a 28 °C, segundo Ferreira (2005).

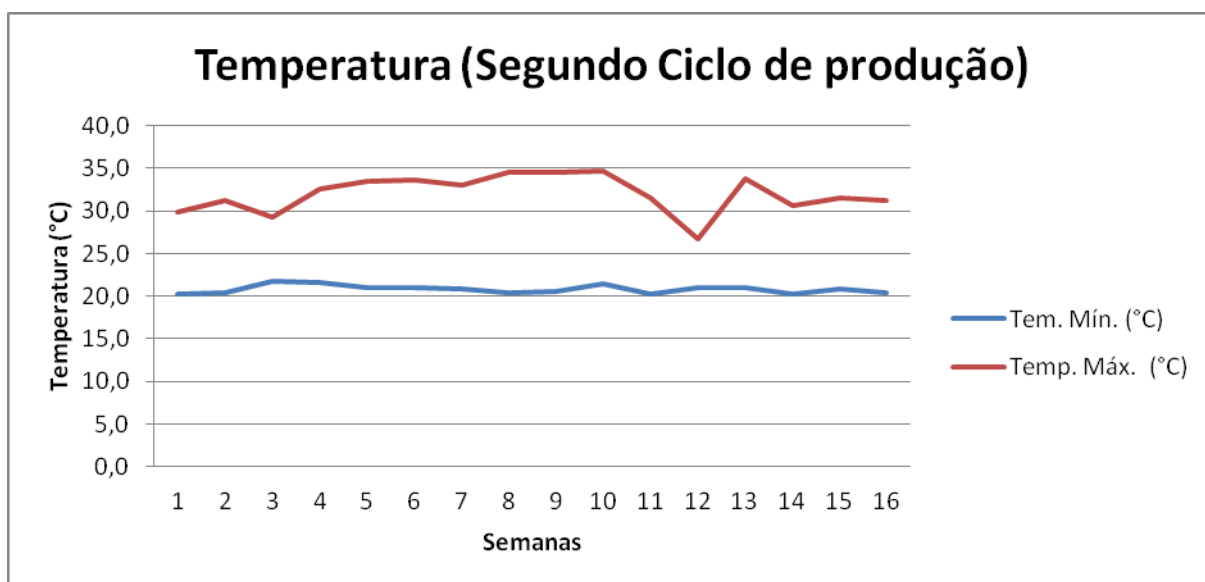


Figura 1 - Variação das temperaturas durante o período experimental.

Os níveis de cálcio e as relações cálcio: fósforo disponível (Ca:Pd) não influenciaram ( $P>0,05$ ) a taxa de mortalidade, que apresentou distribuição uniforme entre os tratamentos e foi considerada normal, uma vez que alcançou o nível de 3,17%, valor este, inferior ao estipulado como normal (3,33%) pelo manual da linhagem comercial (Hy-Line W36, 2009).

#### 4.1. Desempenho produtivo

Pode-se constatar que não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) para os parâmetros taxa de postura, peso dos ovos, consumo de ração, massa de ovos e ganho de peso das aves, sendo esses analisados de forma independente (tabela 4). Em contrapartida, os parâmetros conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos apresentaram interação significava ( $P<0,05$ ), sendo esses analisados de forma conjunta (tabela 4).

**Tabela 5:** Taxa de Postura, peso de ovo, consumo de ração (CR), massa de ovos (MO) e ganho de peso (GP) de poedeiras leves no segundo ciclo de produção em função dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd.

Parâmetros	Níveis de Cálcio					Relações Cálcio/Fósforo				CV%
	3,70	4,00	4,30	Efeito	R <sup>2</sup>	9,76	10,81	12,12	Efeito	
CR (g/ave/dia)	86,90	86,37	86,28	L	0,86	86,23	86,63	86,70	ns	2,81
TP (%)	77,54	77,27	79,9	L	0,67	77,17 B	79,16A	78,38AB	*	3,11
Peso Ovo (g)	66,58	66,36	66,09	ns	-	66,65	66,19	66,19	ns	2,76
MO (g/ave/dia)	51,82	51,32	52,02	ns	-	51,59	52,02	51,77	ns	3,68
GP (g/ave)	15,6	23,4	21	ns	-	15	18,6	26,4	ns	36,25

\* - Significativo ( $P<0,05$ ) pelo teste SNK; L – Efeito linear ( $P<0,05$ ); ns – não significativo ( $P>0,05$ );

CV - coeficiente de variação; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

O consumo de ração das poedeiras foi afetado negativamente pelo aumento dos níveis de cálcio ( $P<0,05$ ), porém não foi afetado pela relação Ca:Pd ( $P>0,05$ ). Os níveis de cálcio apresentaram efeito linear ( $\hat{Y} = 87,1367 - 0,3100x$ ,  $R^2 = 0,86$ ) sobre o consumo de ração, sendo que o tratamento com 4,3% de cálcio (3,9 g/ave/dia) foi

aquele que apresentou menor consumo de ração. Esse resultado pode ser explicado por Roland et al. (1985), que afirma que a relação entre a quantidade de cálcio na ração e consumo de ração são contraditórias. Esse resultado foi semelhante ao obtido por Oliveira et al. (2002), que estudando cinco níveis de cálcio (2,8; 3,2; 3,6; 4,0 e 4,4%) verificara redução linear no consumo de ração de poedeiras leves e semipesadas com o aumento dos níveis de cálcio na ração. Da mesma forma, Rodrigues (1995), estudando níveis de 3,8 e 4,5% de cálcio para poedeiras leves no segundo ciclo de produção, observou redução significativa ( $P < 0,05$ ) no consumo de ração, que se refletiu em uma menor taxa de postura, fato não observado no presente experimento. Por outro lado, Vellasco et al. (2010) estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio nas rações de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, não observaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) no consumo de ração. Neste mesmo sentido, Murata et al. (2009) avaliando três níveis de cálcio (3,75; 4,15 e 4,55%) para poedeiras Hy-Line W36 com 57 semanas de idade, não obtiveram efeito significativo dos níveis de cálcio sobre o consumo de ração. Da mesma forma, Safaa et al. (2008) verificaram que com o aumento da ingestão de cálcio de 4,08 para 4,64 g/ave/dia não ocorreu redução no consumo de ração.

Neste trabalho não foi verificado a influência da relação Ca:Pd sobre o consumo de ração ( $P > 0,05$ ), concordando com o trabalho de Pastore (2010), que estudando três relações Ca:Pd (12,12; 10,53 e 9,3:1) não observou alteração no consumo de ração de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas. Da mesma forma, Noebauer (2006) estudando relação Ca:Pd de 8:1; 11:1 e 14:1 para poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade, também não observou efeito das relações Ca:Pd, sobre o consumo de ração pelas aves.

A taxa de postura das poedeiras foi influenciada de forma significativa ( $p < 0,05$ ) tanto pelo nível de cálcio nas dietas quanto pela relação Ca:P. Os níveis de cálcio apresentaram efeito linear ( $\hat{Y} = 75,8767 + 1,1800x$ ,  $R^2 = 0,67$ ) sobre a taxa de postura. O maior nível de cálcio, 4,3%, que correspondeu a um consumo médio de cálcio de 3,9 g/ave/dia foi aquele que proporcionou maior taxa de postura. Esse valor de consumo de cálcio está abaixo do que é recomendado por Rostagno et al. (2005), que é um consumo de cálcio de 4,02 g/ave/dia. Como o consumo de cálcio está abaixo do que é

estabelecido como a exigência desse mineral, a taxa de postura, provavelmente, tende a crescer até que as aves atinjam o consumo de cálcio adequado. Resultados obtidos por Safaa et. al. (2008) em experimento com poedeiras semipesadas de 58 a 73 semanas, verificaram que com o aumento da ingestão de cálcio de 4,08 para 4,64 g/ave/dia levou a um incremento significativo na produção de ovos. Murata et al. (2009), em pesquisa com poedeiras leves com 57 semanas de idade, estudaram três níveis de cálcio (3,75; 4,15 e 4,55%) e registraram maior produção de ovos no nível estimado de 4,05% de cálcio, correspondendo a um consumo de cálcio de 4,06 g/ave/dia. Em contrapartida, Castillo et al. (2004) avaliaram os níveis de 2,96; 3,22; 3,83; 4,31 e 4,82% de cálcio para poedeiras leves durante três fase (23 a 38; 39 a 54; e 55 a 70 semanas de idade) e não verificaram diferença ( $P>0,05$ ) na produção de ovos entre os níveis de cálcio dentro de cada fase. De forma semelhante, Oliveira et al. (2002), trabalhando com duas linhagens (leve e semipesada), avaliaram cinco níveis de cálcio (2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,4%) e concluíram que os níveis utilizados não influenciaram ( $P>0,05$ ) na produção de ovos. No entanto, Rodrigues (1995), estudando níveis de 3,8 e 4,5% para poedeiras em segundo ciclo de produção, verificou redução da produção com o nível mais elevado de cálcio, tendo como justificativa a redução do consumo alimentar diário.

A taxa de postura também foi influenciada de forma significativa ( $P<0,05$ ) pela relação Ca:P, sendo que a menor relação (9,76:1) foi aquela que apresentou a pior taxa de postura e a relação intermediária (10,81:1) foi a que apresentou melhor taxa de postura, embora essa não tenha diferido estatisticamente da maior relação (12,12:1). A menor relação Ca:Pd reflete em maior consumo de fósforo pelas aves, sendo que o cálcio e fósforo podem interagir, de forma que o excesso ou redução de um deles pode afetar a utilização do outro. Pastore (2010), avaliando três relações Ca:Pd (12,12; 10,53 e 9,3:1) para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, apesar de não verificar diferença estatística, observou que a menor relação (9,30:1) apresentou taxa de postura 2,15 pontos percentuais inferior à obtida com a maior relação Ca:Pd (12,12:1). De forma semelhante, em experimento com poedeiras semipesadas no período de 28 a 44 semanas de idade para avaliar relações Ca:P de 9:1; 12:1 e 14:1, Silva et al. (2008) observaram que o aumento da relação de 9:1 para 14:1 melhorou de forma linear a

produção de ovos. No entanto, Araujo et al. (2010) estudando os níveis fósforo disponível de 0,28 a 0,48%, correspondente as relações Ca:Pd de 12,5:1; 9,21:1 e 7,29:1, não observaram diferenças na produção de ovos de poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade. Resultados semelhantes foram encontrados por Noebauer (2006), avaliando as relações Ca:Pd de 8:1; 11:1 e 14:1 para poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade.

Os parâmetros peso e massa de ovos não foram afetados ( $P>0,05$ ) nem pelos níveis de cálcio nem pelas relações Ca:Pd. Resultados semelhantes aos encontrados por Vellasco et al. (2010), que estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio e as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas, não verificaram alteração no peso e na massa dos ovos. Safaa et al. (2008) observaram que com o aumento da ingestão de cálcio de 4,08 para 4,64g/ave/dia o peso médio dos ovos não foi afetado, porém a massa de ovo aumentou, o que foi justificado pela maior taxa de postura. No presente experimento, apesar do aumento significativo na taxa de postura promovido pelo maior nível de cálcio, e do maior valor numérico de massa de ovos desse tratamento, não foi verificado nenhuma significância estatística ( $P>0,05$ ). De forma semelhante, Silva et al. (2008) estudaram três relações Ca:P (14:1; 12:1 e 9:1) em experimento com aves semipesadas de segundo ciclo de produção e não verificaram efeito sobre o peso e a massa de ovos. Porém, ao estudar as mesmas relações para poedeiras semipesadas no período de 28 a 44 semanas de idade, estes autores verificaram que o maior peso médio dos ovos foi observado para a relação Ca:P de 9:1 ( $P<0,05$ ), embora o maior valor de massa de ovos foi observado para a relação Ca:P de 14:1.

O níveis de cálcio e as relações Ca:Pd não exerceram efeito ( $P>0,05$ ) sobre o ganho de peso das aves (g/ave). Resultados semelhantes aos encontrados por Pastore (2010), que estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio e as relações Ca:P de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas não obteve alteração no ganho de peso das aves. Da mesma forma, Safaa et al. (2008), estudando dois níveis de cálcio (3,5 e 4,0%) não observaram diferença no ganho de peso entre os tratamentos. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Noebauer (2006),

que estudando três relações Ca:Pd (8:1; 1:1 e 14:1) para duas linhagens de poedeiras semipesadas, no período de 28 a 36 semanas de idade, não verificou diferença no peso final das aves.

A conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) não foi influenciada pelos níveis de cálcio ( $P>0,05$ ), porém foi influenciada ( $P<0,05$ ) pelas relações Ca:Pd e pela interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd.

**Tabela 5:** Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e por dúzia (CADZ) de poedeiras leves no segundo ciclo de produção em função dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd:

Parâmetros	Relação Ca/ P	Níveis de Cálcio			Média	Efeito	R <sup>2</sup>	C.V. (%)
		3,7	4	4,3				
CAMO (kg/kg)	9,76	1,70 a	1,69 a	1,64 a	1,68	L	0,87	
	10,81	1,71 a	1,68 a	1,64 ab	1,68	L	-	
	12,12	1,64 a	1,71 a	1,71 b	1,68	Ns	-	
Média		1,68	1,69	1,66				3,39
CADZ (Kg/dz)	9,76	1,37 b	1,41 b	1,30 a	1,36	Ns	-	
	10,81	1,36 b	1,32 a	1,29 a	1,33	L	0,99	
	12,12	1,30 a	1,36 a	1,34 b	1,32	Ns	-	
Média		1,34 B	1,36B	1,30 A				2,7

Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes ( $P<0,05$ ) pelo teste SNK; **CV** - coeficiente de variação.

Nos níveis de 3,7 e 4,0% de cálcio, não houve efeito das diferentes relações Ca:Pd, porém no nível de 4,3% de cálcio, a relação Ca:Pd de 9,76 foi a que apresentou maior ingestão de cálcio pelas aves (3,9 g/ave/dia), o que poderia estar ocasionando um antagonismo entre o cálcio e o fósforo. Desta forma, a menor relação Ca:Pd também levou a uma maior ingestão de fósforo, podendo minimizar o antagonismo entre os dois minerais, o que justificaria uma melhor CAMO para este tratamento. Em contrapartida, Silva et al. (2008) avaliaram quatro relações Ca:Pd (14:1; 12:1; 11:1 e 9:1) para poedeiras semipesadas no primeiro e no segundo ciclo de produção. No primeiro ciclo o melhor valor de CAMO ocorreu nas unidades que receberam o tratamento correspondente a maior relação Ca:Pd (14:1). Já no segundo ciclo de produção, a



melhor relação Ca:Pd foi a de 11:1, o que pode ser justificado, segundo Snow et al. (2005), pela maior exigência de fósforo das poedeiras de segundo ciclo de produção. Em contrapartida, Pastore (2010) não verificou efeito significativo dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) e das relações Ca:Pd (12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1) sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas. Em estudo conduzido por Noebauer (2006), para avaliar três relações cálcio: fósforo disponível (8:1; 11:1 e 14:1) para duas linhagens de poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade, também não encontrou diferença significativa na conversão alimentar por massa de ovos atribuída às relações Ca:Pd estudadas. Analisando o desdobramento dos níveis de cálcio dentro das relações cálcio fósforo, verificou-se que nas relações Ca:pd de 9,76:1 ( $\hat{Y}=2,076-0,1x$ ,  $R^2= 0,87$ ) e 10,81:1 ( $\hat{Y}=2,143-0,116x$ ,  $R^2= 0,99$ ) o aumento do nível de cálcio causou uma melhora linear na conversão alimentar por massa de ovos.

A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos (CADZ) foi influenciada ( $P<0,05$ ) pelos níveis de cálcio, pelas relações Ca:Pd e pela interação entre os níveis de cálcio e a relação Ca:Pd. Realizando o desdobramento dos níveis de cálcio dentro das relações Ca:Pd, observou-se que na relação Ca:Pd de 10,81:1, o aumento do nível de cálcio promoveu melhora linear no valor de CADZ. Porém nas relações Ca:Pd de 9,76 e 12,12:1, os níveis de cálcio não exerceram efeito sobre a conversão alimentar por dúzia de ovos. Por outro lado, quando se analisa o desdobramento da relação Ca:Pd dentro dos níveis de cálcio, verificou-se que no nível de 3,7 % de cálcio a relação Ca:Pd de 12,12:1 foi a que apresentou melhor resultado de CADZ. No nível de 4,0% de cálcio, as relações Ca:Pd de 10,81 e 12,12:1 foram as que apresentaram a melhor CADZ. No nível de 4,3% de cálcio, as relações Ca:Pd de 9,76 e 10,81 foram as que apresentaram melhor resultado de conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos. Por outro lado, Pastore (2010) não verificou efeito significativo da interação entre níveis de cálcio e relações Ca:Pd, dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd sobre a CADZ para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.

## 4.2. Qualidade de casca

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd, para nenhum dos parâmetros de qualidade de casca, demonstrando que os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd comportam-se de forma independente (Tabela 6).

**Tabela 6:** Peso de casca, porcentagem de casca, gravidade específica (GE), espessura de casca (EC), matéria mineral da casca (MC), cálcio na casca (CaC) e fósforo na casca (PC) de poedeiras leves no segundo ciclo de produção em função dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd:

Parâmetros	Níveis de Cálcio					Relções Cálcio/Fósforo				CV%
	3,70	4,00	4,30	Efeito	R <sup>2</sup>	9,76	10,81	12,12	Efeito	
Peso Casca (g)	5,91	5,96	6,07	L	0,95	5,92	6,03	5,99	ns	3,28
Casca (%)	8,85	8,99	9,12	L	1,00	8,90	9,06	8,99	ns	2,66
GE (g/cm <sup>3</sup> )	1,080	1,083	1,085	L	0,92	1,08	1,08	1,08	ns	0,41
EC (mm)	0,28	0,28	0,29	ns	-	0,28	0,29	0,28	ns	4,19
MC (%)	92,12	92,18	92,29	L	0,97	92,1	91,99	92,51	ns	1,45
MC (g)	5,45	5,49	5,6	L	0,95	5,45	5,54	5,54	ns	3,87
CaC (%)	38,16	38,19	37,52	ns	-	38,05	38,09	37,73	ns	3,8
CaC (g)	2,26	2,28	2,28	ns	-	2,25	2,3	2,26	ns	4,59
PC (%)	0,1	0,1	0,1	ns	-	0,1	0,1	0,1	ns	11,33
PC (mg)	6,04	5,87	6,2	ns	-	5,91	6,05	6,22	ns	11,87

L – Efeito linear ( $P<0,05$ ); ns – não significativo ( $P>0,05$ );

CV - coeficiente de variação; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

Os níveis de cálcio atuaram de forma linear ( $P<0,05$ ) sobre o peso ( $\hat{Y} = 5,8200 + 0,08x$ ,  $R^2 = 96$ ) e a porcentagem ( $\hat{Y} = 8,71667 + 0,1350x$ ,  $R^2 = 0,99$ ) de casca. Por outro lado, esses parâmetros não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelas relações Ca:Pd. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Safaa et al. (2008), que relataram aumento significativo da porcentagem de casca em experimento com níveis de cálcio (3,5 e 4,0%) mantendo a relação cálcio/fósforo de 12:1 para poedeiras semipesadas no período de 58 a 73 semanas de idade. Da mesma forma, Pelícia et al. (2009) encontraram efeito linear dos níveis de cálcio (3,0; 3,5; 4,0 e 4,5%) sobre a porcentagem de casca de ovos de poedeiras de segundo ciclo de produção. Os resultados do presente trabalho também concordam com Rodrigues et al. (2005), que verificaram que o aumento do nível de cálcio da ração de 2,5 para 3,5 % acarretou em um aumento na

percentagem de casca e Chowdhury & Smith (2002) que observaram efeito linear crescente do nível de cálcio sobre o peso da casca. Por outro lado, Pastore (2010) estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, não verificou efeito dos níveis de cálcio sobre o peso e a percentagem de casca.

Quanto à relação Ca:Pd, os resultados do presente experimento estão de acordo com aqueles obtidos por Vellasco et al. (2010), que estudando as relações Ca:P de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas, também não observaram efeito significativo das relações Ca:Pd sobre o peso e a percentagem de casca. O mesmo foi encontrado por Araujo et al. (2010), que ao avaliarem os níveis de 0,28; 0,38 e 0,48% de fósforo disponível em ração com 3,5% de cálcio (relações Ca:Pd de 12,50:1; 9,21:1 e 7,29:1), também não observaram efeito das relações Ca:Pd sobre a percentagem de casca dos ovos de poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade.

A gravidade específica foi influenciada ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de cálcio, porém não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pelas relações Ca:Pd estudadas. O aumento do nível de cálcio ocasionou melhora linear ( $\hat{Y} = 1,07767 + 0,0025x$ ,  $R^2 = 0,99$ ) na gravidade específica, o que demonstra uma maior deposição de mineral na casca. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Safaa et al. (2008), em experimento com poedeiras semipesadas no período de 58 a 73 semanas de idade submetidas a dois níveis de cálcio (3,5 e 4,0%), mantendo a relação Ca:Pd de 12:1, os autores verificaram que a gravidade específica dos ovos aumentou com o aumento do nível de cálcio na ração. Da mesma forma, Roland & Bryant (1994) relataram aumento linear da gravidade específica dos ovos com o aumento dos níveis de cálcio de 2,5 para 4,5%. Por outro lado, Vellasco et al. (2010) estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, não verificaram efeito dos níveis de cálcio sobre a gravidade específica dos ovos. Considerando as relações Ca:Pd, os resultados foram coerentes com os de Pastore (2010), que também não observou efeito significativo das relações Ca:Pd (12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1) sobre a gravidade específica de ovos de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas. Da mesma forma,

Sohail et al. (2002) estudando dois níveis de cálcio (3,0 e 4,0%) e quatro de fósforo disponível (0,10; 0,20; 0,30 e 0,40%) não observaram influência dos níveis de fósforo, e das relações Ca:Pd dentro de cada nível de cálcio sobre a gravidade específica de ovos de poedeiras leves no período 45 a 53 semanas de idade.

Os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd não exerceram efeito ( $P>0,05$ ) sobre a espessura da casca. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Vellasco et al. (2010), que ao estudar os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio e as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas, não verificaram efeito significativo dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd sobre a espessura da casca. Entretanto, Pelícia et al. (2010), estudando o efeito de três diferentes níveis de cálcio (3,0; 3,75 e 4,5%) sobre a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas no período de 24 a 35 semanas de idade, verificaram que a espessura da casca aumentou de forma linear com o aumento do nível de cálcio. Do mesmo modo, Murata (2009) ao estudar três níveis de cálcio (3,75; 4,15 e 4,55%) para poedeiras leves com 57 a 65 semanas de idade, verificou melhora linear do nível de cálcio sobre a espessura de casca.

Os níveis de cálcio afetaram linearmente ( $P<0,05$ ) os parâmetros porcentagem ( $\hat{Y} = 92,0267 + 0,085x$ ,  $R^2 = 0,97$ ) e peso da matéria mineral ( $\hat{Y} = 5,36333 + 0,0750x$ ,  $R^2 = 0,93$ ) da casca, porém esses parâmetros não foram afetados ( $P>0,05$ ) pelas relações Ca:Pd. Esses resultados discordam parcialmente de Pastore (2010), que estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio e as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas, não observou efeito significativo sobre a porcentagem e peso da matéria mineral de casca. Da mesma forma, Nunes et al. (2006) não verificaram influência dos níveis de cálcio das rações sobre porcentagem de matéria mineral nas cascas de ovos de poedeiras semipesadas em início de postura.

A porcentagem e o valor absoluto de fósforo e de cálcio na casca dos ovos não foram influenciadas pelos níveis de cálcio nem pelas relações Ca:Pd da ração ( $P>0,05$ ). Resultados semelhantes foram encontrados por Pastore (2010) com poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas, que não observou efeito significativo sobre a porcentagem

valor absoluto de fósforo e de cálcio na casca dos ovos. Os resultados obtidos para cálcio na casca em função dos níveis de cálcio na ração, reforçam a afirmação de Roland et al. (1975) de que a deposição de cálcio na casca é constante ou aumenta insignificativamente com o aumento dos níveis de cálcio na ração, pois o excesso de cálcio dietético passa ao longo do trato digestivo sem ser absorvido. Vieira (2009), avaliando os níveis de cálcio de 2,8; 3,3 e 3,8% para poedeiras semipesadas com 40 semanas de idade, constatou que os níveis de cálcio também não influenciaram ( $P>0,05$ ) a deposição de cálcio na casca do ovo, em gramas, assim como os resultados obtidos por Lichovnicova (2007) com poedeiras comerciais pós-pico de postura, porém a eficiência de deposição de cálcio na casca reduziu com o aumento do cálcio na ração.

### 4.3. Características ósseas

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd, para nenhum dos parâmetros ósseos, demonstrando que os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd comportam-se de forma independente (Tabela 7).

**Tabela 7:** Peso da tíbia, matéria mineral na tíbia (MT), cálcio (CaT) e fósforo (PT) da tíbia de poedeiras poedeiras leves no segundo ciclo de produção em função dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd:

Parâmetros	Níveis de Cálcio					Relações Cálcio/Fósforo				CV%
	3,70	4,00	4,30	Efeito	R <sup>2</sup>	9,76	10,81	12,12	Efeito	
Tíbia (g)	4,91	5,25	5,58	L	1,00	5,09 B	5,25 AB	5,41 A	*	6,73
MT (%)	51,28	51,61	50,98	ns	-	51,2	51,42	51,14	ns	5,75
MT (g)	2,52	2,71	2,85	L	0,99	2,61	2,69	2,78	ns	10,24
CaT (%)	21,34	21,62	22,14	L	0,97	22,25	21,46	21,39	ns	7,96
CaT (g)	1,05	1,14	1,24	L	1,00	1,13	1,13	1,16	ns	11,29
PT (%)	6,11	6,05	6,07	ns	-	6,01	5,99	6,23	ns	12,36
PT (g)	0,3	0,32	0,34	L	1,00	0,31	0,31	0,34	ns	13,79

\* - Significativo ( $P<0,05$ ) pelo teste SNK; L – Efeito linear ( $P<0,05$ ); ns – não significativo ( $P>0,05$ );

CV - coeficiente de variação; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

Os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd promoveram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) sobre o peso da tíbia de poedeiras leves no segundo ciclo de produção. O aumento dos níveis de cálcio promoveram aumento linear ( $\hat{Y} = 4,57667 + 0,3350x$ ,  $R^2 = 1,00$ ) no peso da tíbia e a melhor relação Ca:Pd foi a 12,12:1. Esses dados discordam daqueles obtidos por Pastore (2010), que estudando diferentes níveis de cálcio e relações Ca:Pd para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas, não observou efeito significativo sobre o peso da tíbia. Em trabalho com poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade, Rezende et al. (2009) testaram diferentes relações cálcio:fósforo, com quatro níveis de fósforo disponível (0,10; 0,20; 0,30 e 0,40%) e 4,02% de cálcio, e não encontraram efeito das relações Ca:Pd sobre o peso da tíbia. De forma semelhante, Safaa et al. (2008), avaliando níveis de cálcio (3,5 e 4,0%) para poedeiras semipesadas no período de 58 a 73 semanas de idade, não constataram diferença significativa no peso da tíbia.

Os níveis de cálcio atuaram de forma significativa ( $P < 0,05$ ) sobre o valor absoluto de matéria mineral na tíbia, embora não tenha promovido efeito sobre a porcentagem de matéria mineral ( $P > 0,05$ ). O aumento do nível de cálcio na ração aumentou linearmente ( $\hat{Y} = 2,36333 + 0,16500x$ ,  $R^2 = 0,99$ ) a matéria mineral das tíbias das poedeiras, o que pode ter sido reflexo do aumento no peso da tíbia, ocasionado pelo aumento do nível de cálcio na ração. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Almeida Paz (2009), que trabalhando com dois níveis de cálcio (1,8 e 3,8%) para poedeiras semipesadas, no período de 17 a 40 semanas de idade, verificou aumento do valor de matéria mineral na tíbia e no fêmur das aves. Entretanto, esses resultados discordam daqueles obtidos por Vellasco et al. (2010) e por Safaa et al. (2008), que não verificaram aumento do valor de matéria mineral da tíbia de poedeiras com o aumento do teor de cálcio nas rações.

As relações Ca:Pd não exerceram efeito ( $P > 0,05$ ) sobre o valor absoluto de matéria mineral da tíbia de poedeiras. Esse resultado está de acordo com aqueles obtidos por Vellasco et al. (2010), que estudando as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas, não observaram efeito significativo sobre o valor absoluto de matéria mineral na tíbia. Entretanto, Noebauer (2006)

constatou efeito significativo das relações Ca:Pd na porcentagem e no valor absoluto de matéria mineral na tíbia de poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade.

Os níveis de cálcio causaram efeito linear ( $P < 0,05$ ) sobre o valor absoluto ( $\hat{Y} = 0,95333 + 0,0950x$ ,  $R^2 = 1,00$ ) e porcentagem ( $\hat{Y} = 20,900 + 0,4000x$ ,  $R^2 = 0,0,97$ ) de cálcio na tíbia. Porém as relações Ca:Pd não exerceram efeito ( $P > 0,05$ ). Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida Paz (2009), que estudando dois níveis de cálcio (1,8 e 3,8%) para poedeiras semipesadas, verificou que o maior nível promoveu maior teor de cálcio na tíbia e no fêmur das aves. Em contrapartida, Vellasco et al. (2010), testando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio nas rações de poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas, não observaram efeito significativo sobre teor de cálcio na tíbia. Esses dados também discordam de Pelícia et al. (2010), que não observaram influência dos níveis de cálcio (3,0; 3,75 e 4,5%) sobre o percentual de cálcio na tíbia, e de Safaa et al. (2008) que também não verificaram efeito dos níveis de cálcio sobre a porcentagem de cálcio e de fósforo no osso, embora esses autores tenham trabalhado com poedeiras semipesadas no período de 59 a 70 e 58 a 73 semanas de idade, respectivamente.

Quanto às relações Ca:Pd, os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Pastore (2010), que não observou efeito significativo sobre o teor de cálcio na tíbia de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. Rezende et al. (2009) avaliando as características ósseas de aves submetidas a quatro níveis de fósforo disponível (0,10; 0,20; 0,30 e 0,40) em rações com 4,02% de cálcio, também não verificaram variação significativa na deposição de cálcio na tíbia de poedeiras leves pós-pico de postura. Em estudo posterior, Araujo et al. (2010) avaliando os níveis de 0,28; 0,38 e 0,48% de fósforo disponível, em rações contendo 3,5% de cálcio, para poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade, também não encontraram influência das relações Ca:Pd sobre a porcentagem de cálcio tíbia da aves. Em contrapartida, Noebauer (2006), ao estudar as relações Ca:Pd de 8:1; 11:1 e 14:1, para duas linhagens de poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade,

verificou que a relação Ca:Pd de 14:1 foi a que apresentou maior deposição de Ca na tibia.

Os níveis de cálcio na ração não afetaram a porcentagem de fósforo na tibia ( $P>0,05$ ), porém promoveram efeito ( $P<0,05$ ) sobre o valor absoluto de fósforo ( $\hat{Y}=0,289 + 0,001x$ ), em gramas. Esse fato é justificado pelo efeito linear que os níveis de cálcio promoveram sobre o peso da tibia e à manutenção da relação cálcio:fósforo para deposição óssea. Esses resultados são semelhantes aos observados por Almeida Paz (2009), que estudando dois níveis de cálcio (1,8 e 3,8%) para poedeiras semipesadas, verificou que o maior nível promoveu maior valor absoluto de fósforo na tibia e no fêmur das aves. Porém, esses resultados discordam de Vellasco et al. (2010), que estudando níveis de cálcio na ração, não verificaram influência desse mineral sobre o teor de fósforo na tibia de poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas.

O efeito das relações Ca:Pd sobre o teor de fósforo na tibia das poedeiras não foi significativo ( $P>0,05$ ). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Pastore (2010), que não observou efeito significativo sobre o teor de fósforo na tibia de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. Da mesma forma, Araujo et al. (2010) avaliando os níveis de 0,28; 0,38 e 0,48% de fósforo disponível, em rações contendo 3,5% de cálcio, para poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade, também não encontraram influência das relações Ca:Pd sobre a porcentagem de fósforo na tibia da aves. Em contrapartida, Noebauer (2006), avaliando relações Ca:Pd (8:1, 11:1 e 14:1) e suplementação de fitase para duas linhagens de poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade, verificou que as aves alimentadas com a ração com maior relação Ca:Pd (14:1), sem suplementação de fitase, depositaram maiores porcentagens de fósforo nas tíbias.

#### **4.4. Balanço de cálcio: fósforo disponível**

Não houve interação significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd, para nenhum dos parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e fósforo,



demonstrando que os níveis de cálcio e as relações Ca:Pd comportam-se de forma independente (Tabela 8).

**Tabela 8:** Matéria mineral das excretas (ME), consumo de cálcio (CCa), cálcio excretado (CaE), cálcio retido (CaR), consumo de fósforo (CP), fósforo excretado (PE) e fósforo retido (PR) de poedeiras leves no segundo ciclo de produção em função dos níveis de cálcio e das relações Ca:Pd:

Variáveis	Níveis de Cálcio					Relações Cálcio/Fósforo				CV%
	3,70	4,00	4,30	Efeito	R <sup>2</sup>	9,76	10,81	12,12	Efeito	
ME (%)	34,52	36,25	37,05	L	0,95	35,86	36,12	35,84	ns	6,89
ME (g/ave/dia)	6,66	7,08	7,84	L	0,97	7,17	7,15	7,27	ns	14,86
CCa (g/ave/dia)	3,47	3,5	3,97	L	0,8	3,56	3,63	3,76	ns	5,28
CaE (%)	53,02	55,71	58,19	L	0,99	54,58	56,21	56,13	ns	11,29
CaE (g/ave/dia)	1,84	1,95	2,31	L	0,91	1,98	2,03	2,09	ns	12,74
CaR (%)	46,98	44,28	41,81	L	0,99	45,87	43,49	43,71	ns	12,05
CaR (g/ave/dia)	1,63	1,55	1,66	ns	-	1,63	1,59	1,67	ns	16,04
CP (g/ave/dia)	0,32	0,33	0,36	L	0,8	0,39 C	0,34 B	0,29 A	*	4,58
PE (%)	88,25	88,71	88,18	ns	-	88,56	89,19	88,39	ns	11,56
PE (g/ave/dia)	0,28	0,3	0,3	ns	-	0,32 A	0,28 B	0,28 B	*	13,4
PR (%)	11,16	11,52	11,3	ns	-	11,87	11,29	10,82	ns	1,19
PR (g/ave/dia)	0,036	0,038	0,038	ns	-	0,07A	0,059AB	0,01B	*	7,65

\* - Significativo (P<0,05) pelo teste SNK; L – Efeito linear (P<0,05); ns – não significativo (P>0,05) ;

CV - coeficiente de variação; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

Os níveis de cálcio na ração promoveram aumento linear (P<0,05) sobre a porcentagem ( $\hat{Y} = 33,4096 + 1,2656x$ , R<sup>2</sup> = 0,95) e sobre o valor absoluto ( $\hat{Y} = 6,01813 + 0,58800x$ , R<sup>2</sup> = 0,97) de matéria mineral da excreta. De forma semelhante, houve aumento linear (P<0,05) na porcentagem ( $\hat{Y} = 50,4700 + 2,5850x$ , R<sup>2</sup> = 0,99) do cálcio que foi excretado, e sobre o valor absoluto de cálcio excretado ( $\hat{Y} = 1,5633 + 0,2350x$ , R<sup>2</sup> = 0,91). O acréscimo no nível de cálcio na dieta promoveram aumentos na perdas de cálcio nas fezes das poedeiras. Os resultados, para nível de cálcio, encontrados nesse trabalho, podem ser explicados por Keshavarz & Nakajima (1993), que sugerem que o aumento dietético do nível de cálcio faz com que esse mineral passe ao longo do trato digestivo sem ser absorvido. Isso ocorre porque a ave retém apenas a quantidade necessária e elimina o excesso nas excretas. Resultados semelhantes foram encontrados por Pastore (2010) e Vieira (2009), que estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5% de cálcio

e 2,8; 3,3 e 3,8%, respectivamente, verificaram aumento na excreção de cálcio, em valor absoluto e em porcentagem, e atribuíram esse resultado ao aumento da concentração de cálcio na ração. Da mesma forma, Pelícia (2008), estudando os níveis de 3,0; 3,5; 4,0 e 4,5% de cálcio para poedeiras leves no final do primeiro ciclo de produção, observou aumento linear da excreção de cálcio com o aumento dos níveis de cálcio nas dietas.

As relações Ca:Pd não influenciaram ( $P>0,05$ ) os teores de matéria mineral e de cálcio nas excretas de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Pastore (2010), que estudando as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas, não observou efeito significativo sobre esses parâmetros.

Constatou-se efeito linear ( $P<0,05$ ) dos níveis de cálcio na ração sobre o consumo de cálcio ( $\hat{Y} = 3,35823 + 0,199161x$ ,  $R^2 = 0,97$ ) e esse resultado está relacionado à concentração desse mineral na ração. As relações cálcio/fósforo não influenciaram o consumo de cálcio.

Os níveis de cálcio influenciaram ( $P<0,05$ ) de forma linear a porcentagem de cálcio que foi retido ( $\hat{Y} = 49,5267 - 2,5850x$ ,  $R^2 = 0,99$ ), o que pode ser explicado pelo fato deste parâmetro ser o inverso a porcentagem de cálcio excretado, que também apresentou efeito linear. Porém, os níveis de cálcio não afetaram ( $P>0,05$ ) a quantidade de cálcio retido em gramas/ ave/ dia. Sendo assim, pode-se inferir que as aves absorveram somente o que necessitavam e o restante foi eliminado nas excretas. Entretanto, Kimberg et al. (1961) observaram que o transporte do cálcio no trato digestório era aumentado com níveis baixos de cálcio na dieta, devido ao aumento da produção de proteínas transportadoras, o que resulta em maior eficiência de aproveitamento de cálcio. Isso acontece porque, conforme reduz os níveis de cálcio da ração, ocorre aumento da biossíntese de proteína transportadora de cálcio no duodeno (Bertechini, 2006). Esse pode ser o motivo das dietas com menores níveis de cálcio apresentarem quantidade de cálcio retido semelhante à dieta com maior nível de cálcio. Resultados semelhantes foram encontrados por Pastore (2010), que estudando níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio nas rações, observou efeito dos níveis de cálcio sobre a porcentagem de cálcio retido, porém não encontrou efeito sobre o valor absoluto de

cálcio retido. As relações Ca:Pd não influenciaram ( $P>0,05$ ) a retenção de cálcio em porcentagem e em valor absoluto. Resultados similares foram encontrados por Pastore (2010).

Os níveis de cálcio da ração promoveram efeito linear no consumo de fósforo ( $Y = 0,293056 + 0,0200x$ ,  $R^2 = 0,8$ ), o que pode ser explicado pelo fato de que, nas rações com maiores níveis de cálcio, a concentração de fósforo também foi maior, pois, para manter a mesma relação Ca:Pd nos diferentes níveis de cálcio, foi necessário alterar o nível de fósforo na ração de acordo com os níveis de cálcio. O consumo de fósforo também foi influenciado ( $P<0,05$ ) pelas relações Ca:Pd da ração. Nas menores relações Ca:Pd, a concentração de fósforo foi mais alta, por isso a ingestão de fósforo também foi maior nas menores relações Ca:Pd. Resultados semelhantes foram encontrados por Pastore (2010).

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos níveis de cálcio sobre a excreção de fósforo, tanto em porcentagem como em valor absoluto. Em contrapartida, as relações Ca:Pd atuaram de forma significativa ( $P<0,05$ ) sobre o valor absoluto de fósforo excretado. A menor relação Ca:Pd foi a que apresentou maior excreção de fósforo. Conforme foi reduzida a relação Ca:Pd nas rações, aumentou-se a quantidade de fósforo nas mesmas, o que acarretou em maior excreção desse mineral. Segundo Pelícia (2010), o elevado consumo de fósforo, proporcionado por menores relações cálcio/fósforo na ração, proporciona excesso de fósforo no organismo da ave, o que prejudica sua absorção e diminui suas concentrações no sangue, aumentando as perdas pelas fezes. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Pastore (2010), que estudando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5 % de cálcio e as relações Ca:Pd de 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas, não encontrou efeito dos níveis de cálcio e observou efeito das relações Ca:Pd sobre a excreção de fósforo, sendo que a menor relação Ca:Pd foi aquela que apresentou maior excreção de fósforo.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos níveis de cálcio nem das relações Ca:Pd sobre a porcentagem de fósforo retido pelas aves. No entanto, quando a retenção desse mineral foi determinada em valor absoluto, não houve diferença significativa

( $P > 0,05$ ) entre os níveis de cálcio, mas houve ( $P < 0,05$ ) entre as relações Ca:Pd avaliadas. A menor relação Ca:Pd (9,76) foi aquela que proporcionou maior retenção de fósforo. Os resultados encontrados ocorreram provavelmente porque o aumento na retenção em valor absoluto foi proporcional ao aumento da concentração de fósforo na ração, o que também ocorreu no valor absoluto de fósforo nas excretas. Esses resultados discordam de Silva et al. (2004), que não observaram efeito da quantidade de fósforo na dieta sobre a quantidade de fósforo retido quando utilizaram 0,094; 0,294 e 0,494 % de Pd na dieta e Andrade *et al.* (2003) com níveis de Pd de 0,094; 0,194; 0,294; 0,394 e 0,494 % na dieta, também não encontraram efeitos dos níveis de fósforo nas rações sobre a quantidade de fósforo retido.

## 5. CONCLUSÃO

A exigência de cálcio estimada para poedeiras leves no segundo ciclo de produção é no mínimo de 4,3%, correspondendo a um consumo médio de 3,9 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação cálcio: fósforo disponível é de 12,12:1, que corresponde a um consumo médio de 325 mg de fósforo disponível/ave/dia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A. et al. Efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras. **Revista Archivos de Zootecnia**, v.58, p.173-183, 2009.

Ammermen, C. Methods for estimation of mineral bioavailability. IN: Ammerman, C.B.; Baker, D.H.; Lewis, A.J. Eds. **Bioavailability or nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**, San Diego: academic Press, P 83-94. 1995.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S. et al. Níveis de fósforo disponível e tamanho de partícula do fosfato bicálcico na ração de poedeiras comerciais de 24 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1223-1227, 2010.

BAR, A.; RAZAPHKOVSKY, V.; VAX, E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. **British Poultry Science**, v.43, p.261-269, 2002.

BAR, A.; SHINDER, D.; YOSEFI, S. et al. Metabolism and requirements for calcium and phosphorus in the fast growing chicken as affected by age. **British Journal of Nutrition**, v.89, p.51-60, 2003.

BECK, M.M; HANSEN, K. K. Role of estrogen in avian osteoporosis. **Poultry Science Journal**, v. 82, p. 965-2036, 2004.

**BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 2006.**

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

BOLING, S. D.; DOUGLAS, M. W.; SHIRLEY, R. B. et al. The effects of various raçãoary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. **Poultry Science**, v.79, p.535-538, 2000.

Borrmann, M.S. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em dietas de poedeiras de segundo ciclo. **Ciência Agrotécnicas**, Lavras, V.25, n.1, p.181-187, jan./fev., 2001.

CABRAL, G.H. **Níveis de cálcio em rações para frango de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 83p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

CAREW, L.B. & FOSS, D. C. Dietary phosphorus levels during growth of brown egg type replacement pullets, **Poultry science**, v.59; p. 812-818, 1980.

CASTILLO, C.; CUCA, M.; PRO, A. et al. Biological and Economic Optimum Level of Calcium in White Leghorn Laying Hens. **Poultry Science**, v.83, p.868– 872, 2004.

CHAMPE, P.C. & HARVEY, R.A. **Aminoácidos: catabolismo dos esqueletos de carbono. Bioquímica ilustrada**. Artes Médicas, Porto Alegre, 2ª edição, 1996, p. 249 – 262.

Chandramoni, S. B.J.; Sinha, R.P.. Effect of dietary calcium and phosphorus concentration on retention of these nutrients in caged layers. **British Poultry Science**, Cambridge, v.39, p.544-548, 1998.

COSTA, F.G.P., OLIVEIRA, C.F.S., DOURADO, L.R.B. et al. Níveis de cálcio em rações para poedeiras semipesadas após o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.624-628, 2008.

COTTA, T. **Galinha: produção de ovos**. Viçosa: Aprenda fácil. 280 p, 2002.

EDWARDS, H. M. Jr. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science Journal**, v.79, p.1018-1023, 2000.

ELAROUSSI, M. A.; FORTE, L. R.; EBER, S. L. et al. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. **Poultry Science Journal**, v.73, p.1581– 1589, 1994.

FARMER, M., ROLAND Sr. D. & CLARK, A.J. Influence of dietary calcium on bone calcium utilization. **Poultry Science Journal**, v.65, p.337-344, 1986.

FASSANI, É.J.; BETERCHINI, A.G.; KATO, R.K. et al. Composição e solubilidade *in vitro* de calcários calcíticos de Minas Gerais. **Ciências Agrotécnica**, v.28, n.4, p.913-918, 2004.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

GOMES, C. P.; RUNHO, C. R. et al. Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1734-1746, 2004 (Supl. 1).

GRANNER, D.K. **Hormônios que Regulam o Metabolismo do Cálcio – Harper: Bioquímica**. Editado por MURRAY et al. Atheneu Editora São Paulo. 1990, 509 – 518 p.

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

HAYS, V. W. & SWENSON, M. J. Minerais. **DUKES – Fisiologia dos Animais Domésticos**. Editado por SWENSON, M.J. e REECE, W.O. Editora Guanabara Koogan, 11ª edição, 1996, 47–487 p.

HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, J.; CUCA-GARCÍA, M.; PRÓ-MARTÍNEZ, A. et al. Nivel óptimo biológico y económico de cálcio en gallinas Leghorn blancas de segundo ciclo de postura biological and economic optimum level of calcium in white leghorn of second cycle laying hens. **Agrociência**, v.40, p.49-57, 2006.

HESTER, P. Y. A qualidade da casca do ovo. **Avicultura Industrial**. n.10. p.20-30, 1999.



HUYGHEBAERT, G. & DEGROOT, G. Effect of diary fluoride on performace end bone characteristics of broiler and the influence of drying and deffating on bone breaking strength, **Poultry science**, 67; 950-955, 1988.

HY-LINE DO BRASIL. Guia de manejo Hy-Line variedade W36. S.I.: s.n., 2009, 44p.  
LICHOVNICOVA, M. The effect of raçãory calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. **Bristish Poultry Science**, v.48, p.71-75, 2007.

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

KIMBERG, D. V.; SCHACHTER, D.; SCHENKER, H. Active transport of calcium by intestine: Effect of dietary calcium. **American Journal Physiology**, Stanford, v. 200, p.1256–1262, 1961..

MACARI, M.; FURLAM, L. R.; GONZAÇES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. ed, FACTA, 2005, 421 p.

McDOWELL, L. R. Calcium and Phosphorus – **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Academy Press Inc. San Diego: California, 1992, 26 –77 p.

MILES, R. D. Fatores nutricionais envolvidos com a qualidade da casca dos ovos. In: IV SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2000, p.163-174.

MURATA, L. S.; ARIKI, J.; SANTANA, A.P. et al. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. **Revista Biotemas**, v.22, p.103-110, 2009.

NOEBAUER, M. G. **Efeitos das diferentes relações cálcio:fósforo disponível e fitase sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo de poedeiras de ovos de casca marrom.** 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; SCHERER, C. et al. Efeito dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura e no início da postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2007-2012, 2006.

NYS, Y. Regulation of plasma 1,2(OH)2D3 of osteocalcin and of intestinal and calbindin. In hens. In: Avian Endocrinology (P. J. Sharp, ed), pp.345-357. **Journal Endocrinology** Ltd., Bristol, 1993. p.1346 (Abstracts).

OLIVEIRA, J.E.F. **Níveis de cálcio, forma de fornecimento do calcário e qualidade do ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura.** 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

PASTORE, S.M. **Níveis de cálcio e relação cálcio/ fósforo em rações para poedrias leves no período de 42 a 58 semanas de idade.** 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 2010.

PELÍCIA, K. ; MOURÃO, J.L.M. ; GARCIA, E.A. et al. Níveis de cálcio e granulometria de calcário na ração de poedeiras comerciais sobre a qualidade de ovos, sangue e tibia. **Revista Brasileira de Ciência Avícola/Brazilian Journal of Poultry Science**, v.9, 2010.

PELÍCIA, K.; GARCIA, E.A.; SCHERER, M.R.S. et al. Alternative calcium source effects on commercial egg production and quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.9, p.105-109, 2007.

PELÍCIA, K.; GARCIA, E.A.I.I.; FAITARONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.11, p.39-49, 2009.

PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização em frangos de corte**. 2000. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG. 2000.

PLAVNIK, I. Nutrição de aves em climas quentes. In: CONFERÊNCIA APINCO 2003 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...**, Campinas, 2003, p. 235-245.

PRODLOVE, K. **Os alimentos em debate: uma visão equilibrada**. São Paulo: Varela. 1996. 108-111p.

RAMA-RAO, S.V.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low raçõary phosphorus levels. **Animal Feed science and technology**, v.106, p.199-208, 2003.

REZENDE, J.C.R; BRESNE,C.; LAURENTIZ, A.C. Características ósseas de poedeiras recebendo rações com níveis reduzidos de fósforo suplementadas com fitase. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009, São José do Rio Preto. **Anais...** São José do Rio Preto, 2009.

RODRIGUES, E.A.; JUNQUEIRA O. M.; VALÉRIO, M. et al. Níveis de cálcio em rações de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 27, p.49-54, 2005.

RODRIGUES, P. B. **Fatores nutricionais que afetam a qualidade do ovo de poedeiras de 2º ciclo**. 1995. 156 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

RODRIGUES, P. B. **Fatores que afetam a qualidade do ovo de poedeiras de segundo ciclo**. 1995. 156 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Roland, D. A., Sr., M. Farmer, and D. Marple. Calcium and its relationship to excess feed consumption, body weight, egg size, fat deposition, shell quality, and fatty liver hemorrhagic syndrome. **Poult. Sci.** v. 64: p. 2341–2350, 1985

ROLAND, D.A.; SLOAN, D.R.; HARMS, R.H. The ability of hens to maintain calcium deposition in the eggshell and egg yolk as the hen ages. **Poultry Science**, v. 54, p.1720-1723, 1975.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa-MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005, 141p.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.

SAFAA, H. M.; SERRANO, M. P.; VALENCIA, D. G. et al. Productive performance and egg quality of brown egg-laying Hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. **Poultry Science**, v.87, p.2043–2051, 2008.

SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A.; GOULART, C.C., et al. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2166- 2172, 2008

SIMÕES, A. F. Influência da atividade física no tratamento da osteoporose. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 07/12/2005.

SMITH, O. B.; KABAJA, E. Effect of high dietary calcium and wide calcium/phosphorus rations in broiler diets. **Poultry Science Journal**, v.64, p.1713-1720, 1984.

SNOW, J. L.; RAFACZ, K. A.; UTTERBACK, P. L. et al. Hy-Line W-36 and Hy-Line W-98 Laying Hens Respond Similarly to Rationary Phosphorus Levels. **Poultry Science**, v.84, p.757–763, 2005.

SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. Metabolism and nutrition: Influence of Rationary Phosphorus on Performance of Hy-Line W36 Hens. **Poultry Science**, v.81, p.75–83, 2002.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Central de Processamento de Dados – UFV/CPD. SAEG – **Sistema para análise estatística e genética**. Versão 9.1 Viçosa, MG:UFV, 54 p., 2007.

VANDEPOPULIERE, J.M.S & LYONS, J.J. Effect of inorganic phosphate source and eggshell quality. **Poultry Science Journal**, v.71, p.1022-1031, 1992.

Velasco, C.R.; Gomes, P.C.; Donzele, J.L.; Rostagno, H.S.; Pastore, S.M.; Calderano, A.A. Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Anais...** 47a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Salvador, BA – UFBA, 27 a 30 de julho de 2010

VIEIRA, M.M. **Metabolismo do cálcio em aves de corte e postura com ácidos orgânicos e fitase na ração**. 2009. 127 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZOOLLITSCH, W., ZHIQUARING, C., PEGURI, A., et al. Nutrient requirements of laying hens. **Anais...** Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos. Editado por Horácio Santiago Rostagno. Viçosa MG 1996. P. 109-159.

## 7. APÊNDICE

**Tabelas 1** – Médias das temperaturas ambientes mínimas e máximas registradas na instalação durante o ensaio experimental

Período	Controle de temperatura e umidade			
	Tem. Mín. (°C)	Temp. Máx. (°C)	UR (%) Manhã	UR (%) tarde
1	21,00	30,73	89,71	71,79
2	20,78	33,71	86,18	58,86
3	20,84	31,88	87,64	71,96
4	20,63	31,80	85,57	72,93
Média	20,81	32,03	87,28	68,88

**Quadro 1:** Método de muda forçada

Dia	Ração	Luz Artificial	Cuidados especiais
1º a 8º	Suspender o fornecimento de ração	Retirar toda a luz artificial	No 1º dia, identificar e pesar uma amostra de 50 aves. Fornecer 4g de farinha de ostra/ave/dia, enquanto houver produção de ovos.
8º a 9º	Continuar sem ração		Pesar as mesmas aves, até observar uma redução de 25-35% do peso inicial, o que deve ocorrer no 8º dia. Caso contrário, retardar o programa por mais dias, se necessário.
10º	50g/ave/dia de ração de frangas		
11º a 18º	100g/ave/dia de ração dia sim, dia não		O consumo previsto será de 400 gramas de ração/ave.
19º a 27º	Ração por 2 dias sim e 1 dia não		Ao reiniciar a postura, fornecer 4g de farinha de ostra/ave/dia.
28º	Fornecer ração de postura à vontade	Fotoperíodo de 14 h	O consumo de ração pode ser estimado em 100g/ave/dia, em linhagens de pequeno porte.
35º	Continue com ração de postura à vontade	Fazer aumentos semanais de 30 min. até atingir o total de 15-16 h diárias	

**Tabela 2** – Resumo das análises de variância e coeficiente de variação (CV) das variáveis de desempenho produtivo de poedeiras leves no segundo ciclo de produção alimentadas com diferentes níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		Taxa de postura (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Peso de ovos (g)	Massa de ovos (g/ave/dia)	Conversão alimentar por massa de ovos (Kg/ Kg)	Conversão alimentar por dúzia de ovos (Kg/ Dz)	Ganho de peso (g)
NCA	2	44,11*	2,28*	1,26ns	4,52ns	0,0053*	0,016*	794,80ns
EFL	1	58,7*	3,94*	2,5ns	1,97ns	0,0044	0,012	779,15ns
EFQ	1	29,51ns	0,61ns	0,0094ns	7,07ns	0,0061	0,019	810,45ns
Rel	2	21,22*	1,33ns	1,47ns	0,99ns	0,00041*	0,0063*	1663,0ns
Bloco	6	150,57*	328,54*	23,00*	127,9*	0,0018ns	0,0064*	115,41ns
Rel x NCA	4	15,43ns	7,25ns	1,36ns	5,66ns	0,01*	0,01*	2471,3ns
Resíduo	48	6,11	6,12	3,39	3,78	0,0032	0,0013	3119,2
C.V.		3,11	2,81	2,76	3,68	3,39	2,7	36,25

\* (P<0,05); ns (P>0,05).



**Tabela 3** – Resumo das análises de variância e coeficiente de variação (CV) das variáveis de qualidade de casca de poedeiras leves no segundo ciclo de produção alimentadas com diferentes níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO									
		Peso de casca (g)	Casca (%)	Gravidade específica	Espessura de casca (mm)	Matéria mineral na casca (%)	Matéria mineral na casca (g)	Cálcio na casca (%)	Cálcio na casca (g)	fósforo na casca (%)	fósforo na casca (g)
NCA	2	0,13*	0,36*	0,000051*	0,00011ns	0,16*	0,13*	3,03ns	0,0025ns	0,00014ns	0,87ns
EFL	1	0,26*	0,72*	0,000095*	0,00015ns	0,31*	0,25*	4,33ns	0,0038ns	0,000013ns	0,57ns
EFQ	1	0,013ns	0,00004ns	0,000008ns	0,000072ns	0,0095ns	0,013ns	1,74ns	0,0012ns	0,00026ns	1,16ns
Rel	2	0,066ns	0,14ns	0,0000085ns	0,0002ns	1,58ns	0,059ns	0,805ns	0,012ns	0,00012ns	0,52ns
Bloco	6	0,088ns	0,15ns	0,00001ns	0,00018ns	8,38*	0,023ns	0,95ns	0,029ns	0,000083ns	0,71ns
Rel x NCA	4	0,017ns	0,081ns	0,000011ns	0,00015ns	1,59ns	0,0044ns	0,26ns	0,0052ns	0,000057ns	0,3ns
Resíduo	48	0,039	0,057	0,00002	0,00014	1,77	0,046	2,088ns	0,011	0,00013ns	0,53ns
C.V.		3,28	2,66	0,41	4,19	1,45	3,87	3,8	4,59	11,34	11,87

\* (P<0,05); ns (P>0,05).

**Tabela 4** – Resumo das análises de variância e coeficiente de variação (CV) das variáveis de características ósseas, na matéria seca, de poedeiras leves no período de no segundo ciclo de produção alimentadas com diferentes níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível.

F.V.	G.L.	Peso da tíbia (g)	Matéria mineral na tíbia (%)	Cálcio na tíbia (%)	Cálcio na tíbia (g)	Fósforo na tíbia (%)	Fósforo na tíbia (g)
NCA	2	2,38*	1,48ns	3,45*	0,19*	0,021ns	0,0074*
EFL	1	4,76*	0,94ns	6,69*	0,38*	0,019ns	0,015*
EFQ	1	0,00025ns	2,02ns	0,21ns	0,00028ns	0,022ns	0,000008ns
Rel	2	0,53*	0,46ns	4,74ns	0,0074ns	0,36ns	0,0057ns
Bloco	6	0,29ns	1,02ns	24,92ns	0,13*	0,51ns	0,0027ns
Rel x NCA	4	0,18ns	5,36ns	2,08ns	0,015ns	0,082ns	0,0016ns
Resíduo	48	0,13	8,67	3,07	0,017	0,57	0,002
C.V.		6,73	5,75	7,96	11,3	12,36	13,79

\* (P<0,05); ns (P>0,05).

**Tabela 5** – Resumo das análises de variância e coeficiente de variação (CV) das variáveis de balanço de cálcio/fósforo em percentagem de poedeiras leves no segundo ciclo de produção alimentadas com diferentes níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO				
		Matéria mineral na excreta (%)	Cálcio na excreta (%)	Cálcio retido (%)	Fósforo na excreta (%)	Fósforo retido (%)
NCA	2	12,08*	30,63*	219,37*	0,00003ns	1,94ns
EFL	1	22,12*	40,26*	402,25*	0,002 ns	3,9ns
EFQ	1	1,11ns	2,98ns	36,08ns	0,0013ns	0,00037ns
Rel	2	0,18ns	6,4ns	7,4ns	0,00019ns	1,57ns
Bloco	2	0,35ns	0,43ns	19,71ns	0,0000004ns	0,13ns
Rel x						
NCA	4	13,54ns	8,67ns	17,82ns	0,00003ns	3,18ns
Resíduo	16	3,45	12,75	32,18	0,0000065	1,11
C.V.		6,89	11,29	12,05	11,56	1,19

\* (P<0,05); ns (P>0,05).

**Tabela 6** – Resumo das análises de variância e coeficiente de variação (CV) das variáveis de balanço de cálcio/fósforo, em valores absolutos de poedeiras leves no segundo ciclo de produção alimentadas com diferentes níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		Consumo de cálcio (g)	Consumo de fósforo (g)	Matéria mineral na excreta (g)	Cálcio na excreta (g)	Cálcio retido (g)	Fósforo na excreta (g)	Fósforo retido (g)
NCA	2	0,71*	0,0042*	2,57*	0,19*	0,45*	0,00096ns	0,00087ns
EFL	1	1,12*	0,0082*	4,98*	0,37*	0,55*	0,0019ns	0,0014ns
EFQ	1	0,29ns	0,00028ns	0,16ns	0,0013ns	0,35ns	0,000018ns	0,00032ns
Rel	2	0,18ns	0,021*	0,034ns	0,037ns	0,59ns	0,0059*	0,0092ns
Bloco	2	0,1ns	0,00014ns	0,029ns	0,00095ns	0,81ns	0,000044ns	0,011ns
Rel x								
NCA	4	0,3ns	0,00045ns	1,15ns	0,058ns	0,51ns	0,0014ns	0,0017ns
Resíduo	16	0,59	0,00024	1,1	0,02	0,14	0,00099	0,0019
C.V.		5,28	4,58	14,86	11,29	12,05	13,4	8,23

\* (P<0,05); ns (P>0,05).