

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DETERMINAÇÃO DA EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE
CÁLCIO E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA D
PARA CODORNAS DE CORTE EM CRESCIMENTO

Autora: Taynara Prestes Perine
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Simara Márcia Marcato
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

MARINGÁ
Estado do Paraná
Julho - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DETERMINAÇÃO DA EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE
CÁLCIO E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA D
PARA CODORNAS DE CORTE EM CRESCIMENTO

Autora: Taynara Prestes Perine
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Simara Márcia Marcato
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Julho - 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

P445d Perine, Taynara Prestes
Determinação da exigência nutricional de cálcio e níveis e suplementação de vitamina D para codornas de corte em crescimento / Taynara Prestes Perine. -- Maringá, 2013.
56 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof.a Dr.a Simara Marcia Marcato.
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.

1. Codornas de corte - Nutrição - Cálcio. 2. Codornas de corte - Nutrição - Vitamina D. 3. Codornas de corte - Parâmetros ósseos. 4. Codornas de corte - Desempenho de crescimento. 5. Codornas de corte - Exigência nutricional. I. Marcato, Simara Marcia Domingos, orient. II. Furlan, Antonio Claudio, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 639.128

ECSL-00989



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIA NUTRICIONAL
DE CÁLCIO E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO
DE VITAMINA D PARA CODORNAS DE
CORTE EM CRESCIMENTO**

Autora: Taynara Prestes Perine
Orientadora: Profª Drª Simara Márcia Marcato

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 02 de agosto de 2013.

Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

Profª Drª Jovanir Inês
Müller Fernandes

Profª Drª Simara Márcia Marcato
(Orientadora)

"Bendito aquele que aprende a
Admirar, mas não invejar,
Seguir, mas não imitar,
Elogiar, mas não bajular,
Liderar, mas não manipular."

Willian Arthur Ward

"O professor medíocre conta,
O bom professor explica,
O professor superior demonstra,
O GRANDE PROFESSOR INSPIRA."

Willian Arthur Ward

"Aquele que leva a preciosa semente, andando e chorando,
voltará, sem dúvida, com alegria, trazendo consigo a sua colheita"

(Salmo 126:6)

A Deus, por ter me dado a vida, saúde, inteligência e sabedoria.

Ao meu marido, Rafael Chagas Rodrigues, pelos conselhos e incentivo nas horas mais difíceis.

Aos meu pais, José Carlos Perine e Rita L. Machado Prestes, irmãos, Geisy Carla e Antonio Carlos, e sobrinhas, Ana Vitória e Maria Luisa, pelo apoio e por estarem ao meu lado durante todo o tempo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, Jesus Cristo, por ser meu guia e amigo que orienta o meu andar e o meu falar, por ser fiel mesmo quando eu falho e me encher de alegria com Sua presença.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Simara Márcia Marcato, por confiar a mim a execução deste projeto e pela relação de amizade que foi desenvolvida desde a graduação e que tive o prazer em continuar cultivando no mestrado. É para mim, um exemplo de pessoa e profissional, que admiro e levo para sempre em meu coração.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan, por me receber em seu grupo de pesquisa. Agradeço também pelos ensinamentos, suporte, incentivo, paciência e amizade que foi conquistada neste período.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza, que deu especial atenção a este trabalho, tirando várias dúvidas, disponibilizando seus materiais de laboratório para a realização de algumas análises.

Ao Prof. Dr. Elias Nunes Martins, que sempre esteve disposto a ajudar e a discutir os resultados, acrescentando muito a este trabalho com seus conhecimentos.

Ao grupo de pesquisa formado pelos amigos da pós-graduação, Ana Paula Ton, Eliany Batista, Daiane Grieser, Vittor Zancanella e Caroline Stanquevis, pela ajuda diária na execução deste projeto, dedicando seus conhecimentos e esforços para que chegasse nessa fase final.

Aos alunos da graduação, Tainara, Mariani, Vinícius, Mateus, Glenda, Tamires, Beto, Cassio, Susane e Priscila, pela dedicação com a realização da parte experimental deste projeto, em um trabalho muitas vezes pesado e cansativo.

Aos colegas de sala, por compartilharem experiências e pela ajuda mútua na realização dos trabalhos e estudos para provas. Em especial, às amigas, Maíra Mangili

Puzotti e Karla Felssner, com as quais convivi mais de perto e desenvolvemos uma amizade que espero cultivar por longos anos.

A Universidade Estadual de Maringá e Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), por terem oferecido o espaço físico necessário para a realização deste trabalho.

Ao Programa de pós-graduação em Zootecnia (PPZ-UEM), que sempre esteve de portas abertas para atender às necessidades deste projeto.

Aos funcionários da FEI, em especial aos vigias, por toda ajuda prestada para condução deste trabalho.

Aos funcionários do LANA (Laboratório de Análises e Nutrição Animal), Cleuza Volpato, Creuza Azevedo e Augusto de Camargo Neto, por todo auxílio prestado durante a condução das análises laboratoriais.

À Prof^ª. Lilian Cristina Vessoni Iwaki e a todos os professores do setor de radiologia da Clínica de Odontologia da UEM, que disponibilizaram seu espaço de trabalho e seu tempo, dando total atenção, acompanhando, desenvolvendo e orientando nas análises de densitometria óptica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, que possibilitou a realização do mestrado.

À minha mãe, Rita L. Machado Prestes, pelo grande exemplo de vida que sempre foi para mim, fazendo com que eu a tenha como espelho e inspiração para que eu jamais desista e supere todas as dificuldades.

Ao meu pai, José Carlos Perine, que mesmo muitas vezes ausente, foi dele que herdei o amor pelos animais e o interesse em ter a Zootecnia como profissão.

Ao meu marido, Rafael Rodrigues, sou grata por estar recém-casada com ele no momento mais difícil deste trabalho, pois sempre me ouviu e me ajudou a ser mais forte e a manter a calma quanto surgiam os problemas, além de proporcionar momentos tão felizes ao seu lado.

À minha irmã Geisy Carla e meu cunhado Ariel Schmidt, que foram minha família por alguns anos, me dando suporte, compreendendo minha rotina, aconselhando nas minhas decisões e apoiando minhas escolhas. Sou grata a Deus pela vida de vocês.

Às minhas maravilhosas sobrinhas, Ana Vitória (8 anos) e Maria Luisa (3 anos), porque com elas passo os momentos mais alegres e divertidos da minha vida.

Ao meu irmão, Antonio Carlos, que amo muito e além de irmão é meu melhor amigo e companheiro, me ajudando com as atividades da pesquisa independente do dia, horário e tarefa a ser realizada, tornando o trabalho muito mais prazeroso e divertido.

Ao meu sogro, Edson Rodrigues e sogra, Angela Rodrigues, por serem muito presentes na minha vida, sempre me ajudando, aconselhando e incentivando.

A todos os meu familiares e amigos, que mesmo estando fora da Universidade, acompanharam comigo minhas vitórias e minhas angústias durante a execução deste trabalho, e me deram o apoio que precisava em cada situação. Que Deus os abençoe e que eu possa retribuir toda atenção e apoio prestados a mim neste período.

BIOGRAFIA

Taynara Prestes Perine, filha de José Carlos Perine e Rita L. Machado Prestes, nasceu em Paranaíba-PR, no dia 25 de outubro de 1988.

Em 2006 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá, onde foi bolsista de iniciação científica por dois anos sob orientação do Prof. Dr. Julio Cesar Damasceno.

Em março de 2011, ingressou no curso de mestrado em nutrição de animais monogástricos, pelo Programa de pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Simara Márcia Marcato e co-orientação do Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.

Em agosto de 2013, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Páginas
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Coturnicultura: Histórico e Evolução	1
1.2. Suplementação de Minerais e Vitaminas	3
1.3. Metabolismo do Cálcio	4
1.4. Metabolismo da Vitamina D	6
1.5. Literatura citada	9
II - OBJETIVOS GERAIS	14
III - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 1 a 14 dias de idade	15
RESUMO.	15
ABSTRACT	16
3.1. Introdução	17
3.2. Materiais e Métodos.....	18
3.3. Resultados e Discussão	23

3.4. Conclusões	31
3.5. Literatura citada	31
IV - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 15 a 35 dias de idade.....	36
RESUMO	36
ABSTRACT	37
4.1. Introdução	38
4.2. Materiais e Métodos.....	39
4.3. Resultados e Discussões	45
4.4. Conclusão.....	52
4.5. Literatura citada	52

LISTA DE TABELAS

	Páginas
III - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 1 a 14 dias de idade.....	15
Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para codornas de corte de 1 a 14 dias de idade	19
Tabela 2. Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 1 a 14 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.	24
Tabela 3. Valores médios de parâmetros ósseos e sanguíneo de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.....	29
IV - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 15 a 35 dias de idade.....	36
Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para codornas de corte de 15 a 35 dias de idade.....	41
Tabela 2. Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.	46
Tabela 3. Valores médios de parâmetros ósseos e sanguíneo de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.....	48
Tabela 4. Valores médios de rendimento de carcaça e peso dos cortes de codornas de corte com 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
III - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 1 a 14 dias de idade.....	15
Figura 1. Peso corporal (a), ganho de peso (b), biomassa corporal acumulada (c) e consumo de ração (d) de codornas de corte no período de 1 a 14 dias de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de cálcio e vitamina D.....	27

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar os níveis de suplementação de vitamina D (Vit. D) e as exigências nutricionais de cálcio (Ca) para codornas de corte (*Coturnix coturnix* sp) em crescimento. No primeiro experimento, objetivou-se determinar os níveis para a primeira fase de criação, no período de 1 a 14 dias de idade. Utilizaram-se 2.064 codornas de corte, distribuídas em um delineamento experimental com esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D = 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 UI), totalizando 16 tratamentos com 3 repetições e 43 codornas por unidade experimental. O peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e biomassa corporal acumulada (BCA) apresentaram efeito quadrático com aumento dos níveis de cálcio e vitamina D, estimando os níveis de 0,73 %, 0,73 % e 0,74 % de Ca e 2.935 UI, 2.883 UI e 2.863 UI de Vit. D, respectivamente. O consumo de ração (CR) não foi significativo para Vit. D e apresentou efeito quadrático para cálcio, estimando 0,72% de cálcio. Não houve interação em função dos níveis de cálcio e vitamina D sobre as variáveis de parâmetros ósseos. O cálcio nos ossos (CO), fósforo nos ossos (PO), cinzas nos ossos (CZO), resistência óssea do fêmur (ROF), resistência óssea da tíbia (ROT) e índice de Seedor do fêmur (ISF) apresentaram efeito quadrático com o aumento dos níveis de cálcio, estimando os níveis de 0,78 %, 0,71 %, 0,78%, 0,77 %, 0,83 % e 0,71 % de Ca, respectivamente. A densitometria óssea (DO) apresentou aumento linear com o aumento dos níveis de Vit. D. Conclui-se que o nível de suplementação de Ca e Vit. D para codornas de corte na fase de 1 a 14 dias para máximo desempenho em ganho de peso é de 0,73% de Ca e 2.883 UI de Vit. D. No segundo experimento, objetivou-se determinar os níveis para a segunda fase de criação, no período de 15 a 35 dias de idade. Utilizaram-se 1.920 codornas de corte, distribuídas em um delineamento experimental com esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D = 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 UI), totalizando

16 tratamentos com 3 repetições e 40 codornas por unidade experimental. O PC e o GP aumentaram linearmente e a conversão alimentar (CA) melhorou linearmente com o aumento dos níveis de Ca e Vit. D. Os níveis de Vit. D provocaram um aumento linear no CR e os níveis de cálcio aumentaram linearmente a BCA. O PO, a ROT e a DO não apresentaram efeito com o aumento dos níveis de Ca e Vit. D da dieta. O CO e CZO não apresentaram efeito em função dos níveis de Ca, mas responderam de forma quadrática em função dos níveis de Vit. D da dieta, estimando os níveis de 2.712 UI e 2.700 UI de Vit. D, respectivamente. O ISF, o IST e a ROF apresentaram aumento linear com o aumento dos níveis de Ca e o ISF apresentou também resposta quadrática com o aumento dos níveis de Vit. D, estimando o nível de 2.756 UI. Conclui-se que o nível de suplementação de Ca e Vit. D para codornas de corte na fase de 15 a 35 dias para máximo crescimento e desempenho é maior ou igual a 0,90% de Ca e maior ou igual a 4.000 UI de Vit. D, possivelmente por ser uma fase pré-postura onde a exigência desses nutrientes é maior.

Palavras-chave: parâmetros ósseos, desempenho, exigência nutricional

ABSTRACT

Two experiments were carried out in order to determine the levels of vitamin D (Vit. D) and the nutritional requirements of calcium (Ca) for developing meat quails (*Coturnix coturnix sp.*). The first experiment aimed to determine the levels for the first phase of creation, in the period from 1 to 14 days old. It has been used 2,064 meat quails, distributed in a factorial experiment with 4 x 4 (levels of calcium = 0.42, 0.58, 0.74, 0.90% x levels of vitamin D = 1,000, 2,000; 3,000, 4,000 IU), reaching a total of 16 treatments with 3 repetitions and 43 quails per experimental unit. The body weight (BW), weight gain (WG) and body biomass accumulation (BBA) showed a quadratic effect due to the increased levels of calcium and vitamin D, estimating levels of 0.73%, 0.73% and 0.74 % Ca and 2,935 IU, 2,883 IU and 2,863 IU of Vitamin D, respectively. The feed intake (FI) was not significant for Vitamin D and it showed a quadratic effect for calcium, estimating 0.72% of calcium. There was no interaction due to the levels of calcium and vitamin D on bone parameters of the variables. The bones calcium (BC), bone phosphorus (BPh), bone ash (BA), femur bone strength (FBS), tibia bone strength (TBS) and the femur index of Seedor (FIS) showed a quadratic effect due to the increased calcium levels, estimating 0.78%, 0.71%, 0.78%, 0.77%, 0.83% of Ca and 0.71%, respectively. Bone densitometry (BD) increased linearly because of the increased levels of Vitamin D. It has been concluded that the required level of supplemental Ca and Vitamin D for quails during the period of 1 to 14 days old in order to optimize the performance in weight gain is 0.73% of Ca and 2,883 IU of Vitamin D. The second experiment aimed to determine the levels for the second phase of creation, in the period from 15 to 35 days old. It has been used 1,920 meat quails, distributed in a factorial experiment with 4 x 4 (levels of calcium = 0.42, 0.58, 0.74, 0.90% x levels of vitamin D = 1,000, 2,000; 3,000, 4,000 IU), reaching the total of 16 treatments with 3

repetitions and 40 quails per experimental unit. The BW and WG increased linearly and feed conversion (FC) improved linearly due to the increasing levels of Ca and Vitamin D. The levels of Vitamin D resulted in a linear increase in FI and calcium levels increased linearly BAB. The PHB, the TBS and BD showed no effect with the increasing levels of Ca and Vitamin D in the diet. The CB and BA presented no effect in spite of the increased levels of Ca, but responded quadratically depending on the levels of Vitamin D diet, estimating levels of 2,712 IU and 2,700 IU of Vitamin D, respectively. The ISF, IST and FBS showed a linear increase with increasing levels of Ca and ISF also showed a quadratic response with the increased levels of Vitamin D, estimating the level of 2,756 IU. It has been concluded that the supplemental levels of Ca and Vitamin D required for a maximum growing and performance of meat quails during the period of 15 to 35 days old is greater or equal to 0.73% for Ca and greater or equal to 2,883 IU of Vitamin D, it possibly happened for the reason that the experiment has been done at the pre-posture phase, when these nutrients are less needed.

Keywords: bone parameters, performance, nutritional requirement.

I. INTRODUÇÃO

1.1. Coturnicultura: Histórico e Evolução

As codornas pertencem à ordem das Galináceas, família das Faisánidas, subfamília dos perdicinae e do gênero *Coturnix*. No início do Século XX, ela foi domesticada pelos japoneses, em função do canto melodioso dos machos (Luz, 2002).

A partir de então, foram realizados alguns cruzamentos obtendo um tipo de codorna doméstica que passou a se chamar codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), que foi explorada para a produção de ovos.

A criação de codornas foi introduzida no Brasil no início da década de 60, visando principalmente a produção e comercialização de ovos “in natura” da ave *Coturnix coturnix japonica* (Silva, 2011).

O interesse por esta espécie surgiu por volta dos anos 70, tendo sido grandemente divulgada através da canção popular "Ovo de codorna", cantada por Luiz Gonzaga, que exaltava as vantagens afrodisíacas dos seus ovos, em função do vigor sexual do macho (Oliveira, 2001). Apesar do folclore envolvido, isso serviu de grande impulso para propagação da espécie.

Segundo IBGE (2011), dentre os animais de pequeno porte, o maior destaque de crescimento em número de animais foi para codornas, com 19,8%. As maiores criações de codornas estão em São Paulo (46,4%), seguido por Santa Catarina (11,3%), Espírito Santo (11,1%) e Minas Gerais (7,2%).

No Brasil, a primeira granja matrizeira e incubatória registrada pelo Ministério da Agricultura, onde só se cria a codorna japonesa especializada para a produção de ovos, encontra-se na cidade de Assis, estado de São Paulo.

No Oeste Catarinense, a empresa BRFoods, mantém na cidade de Videira, uma granja para a produção de codornas de corte responsável por atender o mercado nacional e internacional. Este produto foi incluído na linha Avis Rara da empresa, que tem ainda o faisão e a chukar (espécie de perdiz originária do Paquistão).

De acordo com Paravisi (2002), diretor regional da companhia na época, as codornas da BRFoods pesam, 640 gramas em média, graças à alimentação focada em ganho de peso e não em produção de ovos e à adaptação de uma linhagem importada da França.

Essa linhagem é diferente das produzidas na maior parte do Brasil. As codornas de corte da linhagem européia apresentam um rápido crescimento até 21 dias de idade, ocorrendo maior deposição de proteína e água na carcaça, atingindo aproximadamente 200 g, cerca de 25 vezes o seu peso inicial. Após esta idade, o ganho de peso passa a ser decrescente, sendo que ocorre maior deposição de gordura e maior retenção de nutrientes no aparelho reprodutivo (Silva et al., 2007).

Vários fatores contribuem com o crescimento da criação de codornas no país, podendo destacar: o baixo investimento com instalações e o rápido retorno financeiro, a precocidade na produção, maturidade sexual (35 a 42 dias), o rápido crescimento, a alta produtividade e requer pequenos espaços para um grande número de animais (Pinto et al., 2002). São também animais longevos, possuem grande tolerância ao calor, são capazes de produzir até cinco gerações em um ano e apresentam grande resistência a doenças, que comumente atacam outras aves (Silva et al., 2007).

Mesmo no contexto de uma produção crescente, as informações sobre a criação desta espécie ainda são escassas na literatura, principalmente se compararmos à grande variedade de dados encontrados para frangos de corte e poedeiras comerciais.

As atuais formulações de rações para codornas baseiam-se em dados estrangeiros, pouco condizentes com as condições brasileiras, podendo comprometer os dados de produtividade, e podendo causar prejuízos econômicos com a utilização de níveis, às vezes, excessivos de alguns nutrientes (Silva, 2011).

Para atender à demanda do mercado e otimizar a exploração de codornas, é necessário a realização de pesquisas nas áreas de nutrição, melhoramento genético, manejo, ambiência e sanidade que forneçam informações para os profissionais que investem no setor.

1.2. Suplementação de Minerais e Vitaminas

As vitaminas são micronutrientes que participam de inúmeros processos metabólicos do organismo, sendo, portanto, essenciais para ótima saúde e desempenho do animal. A deficiência de uma ou mais vitaminas pode levar a distúrbios metabólicos, resultando em queda na produtividade, no crescimento e no desenvolvimento de doenças. Já o aumento na suplementação de certas vitaminas tem efeitos positivos, principalmente quanto à imunidade (Félix et al., 2009).

Entre os componentes utilizados na formulação, estão os suplementos de micronutrientes, como as vitaminas. Como a maioria destas não são sintetizadas em quantidades suficientes para atender à demanda fisiológica do organismo, elas devem ser obtidas da dieta e, embora os suplementos vitamínicos correspondam à pequena porcentagem da fórmula (0,1 a 0,5%), podem representar de 1 a 3% do custo da ração (Toledo et al., 2006).

Os níveis vitamínicos empregados comercialmente são geralmente superiores aos preconizados pelo NRC (1994), sendo que os níveis das lipossolúveis podem superar em até 25 vezes as recomendações, como é o caso da vitamina D (Félix et al., 2009).

Tendo em vista que a deficiência de vitaminas leva longos períodos para exteriorizar os primeiros sinais clínicos, existe uma tendência de minimizar os níveis ou até mesmo retirar o suplemento vitamínico da ração final dos frangos, com a alegação de que em dietas práticas (milho e farelo de soja) parte das exigências de vitaminas é suprida. Além disso, vitaminas lipossolúveis são armazenadas nos tecidos adiposos do organismo (Félix et al., 2009).

De acordo com Maiorka & Macari (2002), os minerais podem atuar como componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo, como constituintes de fluídos, na forma de eletrólitos e como catalizadores de processos enzimáticos e hormonais.

O cálcio é requerido pelas aves para um adequado crescimento, desenvolvimento ósseo, utilização eficiente dos alimentos, formação da casca do ovo, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativação de sistemas enzimáticos e envolvimento com a secreção de diferentes hormônios (Underwood & Suttle, 1999; Sá et al., 2004; Macari et al., 2008).

Grande parte dessas funções são realizadas pelo cálcio plasmático. Este pode existir nas formas ionizáveis, ligados a proteínas (albumina e globulina) e compostos orgânicos (fosfato e outros ânions), sendo a principal delas a forma ionizável. Metade do cálcio plasmático está na forma solúvel ionizável, enquanto a outra metade está ligada a proteínas. Tem ainda uma pequena parte (5%) que está complexado com elementos inorgânicos não ionizáveis (Hays & Swenson, 1996).

Devido à grande utilização do cálcio, este 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, no contrário, o cálcio dos ossos é mobilizado, aumentando sua concentração no sangue (Simões, 2005).

A deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase de crescimento, assim, o conteúdo de cálcio no organismo dos pintainhos aumenta de maneira rápida na fase inicial, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80% do total de cálcio da ave adulta (Edwards, 2000).

Os sintomas de deficiência de cálcio incluem: atraso no crescimento, diminuição no consumo de alimento, baixos níveis de cálcio nos ossos, ovos de casca fina, redução na postura e no conteúdo de cinzas e cálcio nos ossos (Scott et al., 1982).

Uma suplementação mineral inadequada durante a fase de crescimento terá como consequência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves, ou seja, calcificação anormal dos ossos. No entanto, o cálcio em excesso pode agir como antagonista, dificultando a absorção de alguns minerais, tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros (Smith & Kabaja, 1984).

O milho e o farelo de soja, que são os componentes básicos da alimentação das aves, possuem baixos teores de cálcio. Assim, a suplementação de cálcio é quase sempre necessária, sendo feita, comumente, com o uso de calcário calcítico, uma fonte rica em cálcio e abundante na natureza (Silva, 2011).

1.3. Metabolismo do Cálcio

A homeostase do cálcio no fluido extracelular é mantida pelos efeitos integrados dos hormônios: paratormônio (PTH), calcitonina e da 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D), forma ativa da Vitamina D, no intestino, rim e osso. Tais hormônios

agem regulando os fluxos de Ca entre esses três órgãos e o fluido extracelular, de tal forma que em condições normais, a concentração do cálcio varia menos que 5%. Isso também assegura que o balanço do cálcio seja zero, ou seja, a quantidade de cálcio perdida na urina e no suor é resposta por aquele absorvido pelo intestino (Macari et al., 2008).

O trato gastrointestinal é a via primordial de absorção do cálcio dietético, o rim é o órgão base da regulação plasmática de Ca^{2+} e o osso, o principal reservatório dinâmico de cálcio do organismo. A presença de receptores de membrana Ca-sensíveis nesses órgãos é fundamental para essa regulação e para o adequado desenvolvimento esquelético (Chang et al., 2008).

Poucos relatos ocorrem abordando os níveis de PTH nas aves, provavelmente em decorrência do fato de serem extremamente baixos no plasma desses animais. Esse hormônio somente encontra-se elevado durante o período de deposição de cálcio na casca do ovo, após o qual cai novamente (Macari & Mendes, 2005).

Quando o animal apresenta reduzido nível plasmático de cálcio, as glândulas paratireóides são estimuladas a secretarem o PTH, que atua aumentando a absorção de cálcio no filtrado glomerular e diminuindo a absorção de fosfato (Champe & Harvey, 1996), além de mobilizar o cálcio dos ossos. O PTH também atua nos rins promovendo a conversão da forma inativa da vitamina D na forma ativa ($1,25(\text{OH})_2\text{D}$). 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).

As aves possuem um par assimétrico de glândulas localizadas posteriormente as paratireóides e caudodorsal à base da artéria braquiocefélica. Essa glândula é rica em calcitonina, um hormônio que contém 32 aminoácidos, que pode variar entre as espécies conferindo diversidade na bioatividade. A secreção de calcitonina é regulada primariamente pelo aumento da secreção nas células especializadas. Altos níveis circulantes de calcitonina estão presentes em espécies de animais não mamíferos, incluindo as aves. Esses níveis são mais elevados em machos do que em fêmeas, exceto por um período curto antes da postura. Nessas espécies, esteróides gonadais, como andrógenos, possuem uma grande influência nos níveis de calcitonina (Kenny, 1986).

O cálcio é o mineral metabolicamente mais ativo, por isso quando a ingestão é excessiva, ocorre a secreção da calcitonina pelos corpos ultimobranquiais nas aves e

esse hormônio aumenta a eliminação de cálcio pelos rins, estimulando a deposição nos ossos e reduzindo a absorção intestinal (Simões, 2009; Macari et al., 2008).

Quando a ingestão de cálcio é adequada, as necessidades podem ser supridas através do aumento na absorção intestinal. Porém, havendo ingestão inadequada, este aumento não é suficiente para garantir o suplemento de cálcio (Silva et al., 2005), estimulando assim as glândulas paratireóides a secretarem paratormônio (PTH). 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 fosfatos do plasma (Granner, 2006). A secreção do paratormônio é regulada em resposta a flutuações na concentração de cálcio sanguíneo (Underwood & Suttle, 1999; Pizauro Jr., 2002).

Essas variações da concentração plasmática de cálcio estimulam 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 cálcio, diminuindo a reabsorção óssea e aumentando a perda de íons cálcio e fosfato na urina (Champe & Harvey, 1996).

O cálcio encontrado no sangue é classificado como difusível (50%) e não difusível (50%), sendo o difusível encontrado na forma iônica ou ligado a complexos, e a forma não difusível encontrada complexada a proteínas, como a albumina (Bandeira et al., 2009).

O transporte de cálcio através do epitélio intestinal ocorre por duas vias. Uma rota transcelular ou saturável e uma paracelular ou não saturável (Bronner, 1987). A primeira está sujeita à regulação fisiológica e nutricional, pela vitamina D (Hurwitz et al., 1987) e, ocorre principalmente no duodeno e jejuno superior. Já a não saturável é independente de regulação fisiológica ou nutricional, mas pode ser afetada pela concentração e ocorre ao longo de todo o intestino (Bronner, 1987).

1.4. Metabolismo da Vitamina D

A vitamina D é pesquisada desde o século 17 e foi objeto do prêmio Nobel em 1938 quando Schenk obteve vitamina D₃ cristalizada a partir da ativação do 7-deidrocolesterol.

O termo vitamina D abrange um grupo de moléculas secosteróides derivadas do 7-deidrocolesterol, interligadas através de uma cascata de reações fotolíticas e enzimáticas que acontecem em células de diferentes tecidos. Atualmente, são conhecidos 41 metabólitos da vitamina D; um hormônio principal, a 1,25(OH)₂D; e o fator ligante (receptor de vitamina D). Há evidências de que 3% do genoma humano seja regulado pela 1,25(OH)₂D (Bouillion et al, 2008).

A partir do 7- deidrocolesterol, os animais promovem a síntese do colecalciferol (D₃). A ativação do 7-deidrocolesterol, pro-vitamina inativa, se dá apenas com a luz solar, assim em frangos com pouca ou nenhuma exposição solar, necessitam que o colecalciferol seja fornecido a partir de fontes dietéticas (Aburto et al., 1998).

Apenas o colecalciferol possui efeito preventivo em aves, sendo que o ergocalciferol possui propriedades muito limitadas como fator preventivo da osteopenia (raquitismo e osteoporose) (Rutz et al., 2008).

As formas D₂ e D₃ diferem pela presença de uma ligação dupla adicional e um grupo metil adicionados à longa cadeia lateral da forma biológica, denominada D₂. Essas formas, ao alcançarem o fígado, não são biologicamente ativas, mas são convertidas *in vivo* a forma ativa da vitamina D, a 1,25-dehidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃), por duas reações sequenciais de hidroxilação, as quais ocorrem no fígado e nos rins (Campbell, 2000).

A vitamina D₃ (colecalciferol) é absorvida na presença de sais biliares no jejuno, transportada por uma proteína específica que a protege da oxidação e inativação. Sofre duas hidroxilações, uma no fígado e outra nos rins, produzindo a forma 1,25(OH)₂D₃, reconhecidamente a mais ativa e potente forma da vitamina D (Wideman, 1987).

A formação de cada composto depende do grau de calcemia e em caso de hipocalcemia a 1,25-dihidroxicolecalciferol é produzida. Caso contrário, se as necessidades de cálcio são satisfeitas, ocorre a formação da 24,25-dihidroxicolecalciferol. Esse composto não é eliminado, mas transformado em 1,24,25-(OH)₂D₃ que é finalmente metabolizado e excretado na urina (Rutz et al. 2008).

As principais células formadoras do tecido ósseo são os osteoblastos e os osteoclastos. Os osteoblastos sintetizam e regulam a mineralização da matriz orgânica e os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção do tecido ósseo (Pizauro Jr et al., 2008)

A $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, por si só não funciona no processo de mineralização, mas tem funções importantes no osteoblasto, onde estimula a produção de proteínas e permite a mobilização do osso pelo hormônio da tireóide. Também inicia a ativação do osteoclasto, que é o primeiro passo no processo de remodelação do osso, que é requerido para a manutenção normal do osso (DeLuca, 1993).

Por ser uma vitamina lipossolúvel, a vitamina D é facilmente absorvida por difusão simples na mucosa intestinal, juntamente com lipídios e outros compostos lipossolúveis, pela ação de ácidos, sais biliares e das lipases, o que ocorre, principalmente, na membrana dos enterócitos da porção final do duodeno. Esta absorção depende da formação de micelas para permanecer em suspensão no lúmen intestinal e ser absorvida, incorporada aos quilomicrons, com os quais é transportada ligada a uma proteína de transporte denominada DBP (Proteína ligante de vitamina D) sendo encaminhada via linfática ao fígado (Baynes & Dominiczak, 2000; Barral et al., 2007; Brito, 2008).

A primeira hidroxilação da vitamina D ocorre no fígado (hidroxilação hepática) na posição 25, formando a 25-hidroxicoalciferol ou calcidiol, que é a forma predominante da vitamina D no plasma. Porém, essa forma de vitamina D_3 não é metabolicamente ativa. A hidroxilação desta vitamina ocorre no retículo endoplasmático, numa reação que requer magnésio, NADPH, oxigênio molecular e um fator citoplasmático que ainda não foi caracterizado (Pizauro Jr et al., 2008).

De acordo com Deluca & Shnoes (1976), o fígado não é o local exclusivo de conversão da vitamina D_3 em $25(\text{OH})\text{D}_3$ podendo também ocorrer nos rins ou no intestino. O $25(\text{OH})\text{D}_3$ atua como um regulador da manutenção das funções fisiológicas da vitamina D, por isto é considerado um indicativo nos níveis plasmáticos desta vitamina.

A segunda hidroxilação da vitamina D ocorre nos rins, mais precisamente no túbulo renal proximal, o $25(\text{OH})\text{D}_3$ é hidroxilado na posição 1 por ação de uma enzima denominada $1-\alpha$ -hidroxilase específica, formando $1,25$ -dihidroxicoalciferol ou $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (calcitriol) (Aslam et al., 1998, Aburto et al., 1998). A $1-\alpha$ -hidroxilase é regulada predominantemente pela concentração do PTH e de fosfato intracelular e, em menos extensão, por cálcio, calcitonina, hormônio de crescimento, estrógeno e prolactina. Ela é inibida fortemente pelo produto, e quando a atividade da $1-\alpha$ -

hidroxilase diminui, há um aumento recíproco na atividade renal da 24-hidroxilase que sintetiza o 24,25(OH)₂D (Pizauro Jr et al., 2008).

Após sua metabolização nos rins, o 1,25(OH)₂D₃ se liga a uma proteína globulínica específica (α -globulina) para que seja transportado no plasma, para as células alvo e finalmente ser utilizado pelo organismo. Este metabólito age através de receptores específicos de vitamina D (VDR), levando à transcrição dos genes e síntese de RNAm, desencadeando a síntese de proteínas, como a calbindina, a qual aumenta a captação de íons cálcio e reações como a mobilização de cálcio e fosfato nos ossos. Uma queda na concentração dos receptores de vitamina D (VDR) indica, conseqüentemente, uma queda na absorção de cálcio (McDowell, 1989; Barral et al., 2007).

1.5. Literatura citada

ABURTO, A.; EDWARDS JUNIOR, H. M.; BRITTON, W. M. The Influence of vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25 hydroxycholecalciferol, and 1,25-dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. **Poultry Science**, v.77, n.4, p.585–593, 1998.

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

BARRAL, D.; BARROS, A. C.; ARAÚJO, R. P. C. Vitamina D: uma abordagem molecular. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v.7, n.3, p.309-315, 2007.

BAYNES, J.; DOMINICZAK, M. **Bioquímica Médica**. São Paulo: Manole, 2000, 566p.

BOUILLON, R.; CARMELIET, G.; VERLINDEN, L.; ETTEN, E. V.; VERSTUYF, A.; LUDERER, H. F.; LIEBEN, L.; MATHIEU, C.; DEMAY, M. Vitamin D and human health: Lessons from vitamin D receptor null mice. **Endocrine Reviews**. v. 29, n. 6, p. 726-776, 2008.

BRONNER, F. Intestinal Calcium Absorption: Mechanisms and Applications. **Journal Nutrition**, v. 17, p. 1347 - 1352, 1987.

- CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 751p.
- CARRILLO-LÓPEZ, N.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, J. L.; CANNATA-ANDÍA, J. R. Papel de calcio, calcitriol y sus receptores en la regulación de la paratiroides. **Nefrología**, v.29, n.2, p.103-108, 2009.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Aminoácidos: Catabolismo dos Esqueletos de Carbono. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 249-262.
- CHANG, W.; TU, C.; CHEN, T.; BIKLE, D.; SHOBACK, D. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, New York, v.1, n.35, p. 1-12, 2008.
- DELUCA, H. F.; SCHNOES, H. K. Metabolism and mechanism of action of vitamin D. **Annual Review of Biochemistry**, v.45, p.631-666, 1976.
- EDWARDS, H. M. Jr. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, v. 79, n.7, p. 1018-1023, 2000.
- FÉLIX, A. P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J. O. B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.619-626, 2009.
- GRANNER, D. K. Hormônios que regulam o metabolismo do Cálcio. Part 2: Phosphorus. **Feedstuffs**, p.25-26, 1982.
- GRÜDTNER, V. S.; WEINGRILL, P.; FERNANDES, A. L. Aspectos da absorção no metabolismo do cálcio e vitamina D. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v.37, p.143-151, 1997.
- HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In : SWENSON, M. J. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471 - 487.
- HURWITZ, S.; FISHMAN, S.; TALPAZ, H. Calcium Dynamics: A Model System Approach. **Journal Nutrition**, v. 117, p. 791 – 796, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - **IBGE**. [2011]. Disponível em <

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2241&id_pagina=1> Acesso em: 15/01/20013

KENNY, A. D. **Parathyroid and ultimobranchial glands**. In "Avian Physiology", 4^a ed., p. 466-478. Springer-Verlag, New York, 1986

LUZ, L. C. P. Variação granulométrica do calcário e diferentes níveis de cálcio em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 58p, 2002.

MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de Matrizes de Corte**. ed, FACTA. 2005. 421p.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal (SP): FUNEP/UNESP, 2008. 375p.

MAIORKA, A.; LAURENTIZ, A. C.; SANTIN, E.; ARAÚJO, L. F.; MACARI, M. Dietary vitamin or mineral mix removal during the finisher period on broiler chicken performance. **Poultry Science Association**, v.11, p.121-126, 2002.

McDOWELL, R. L. Calcium and phosphorus. In: McDowell LR. Books. In: **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. p.31-32.

McDOWELL, R. L. Vitamins in animal nutrition. 1st edition, **Academic Press**, San Diego, 1989. 486p.

NATIONAL RESERCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences: 1994. 155p.

OLIVEIRA, E.G. Pontos críticos no manejo e nutrição de codornas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 71-96.

PARAVISI, W. Perdigão investe em codornas . 2002. Disponível em <http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/perdigao-investe-em-codornas/20020809113802_0233> Acesso em: 15/01/2013

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; VARGAS JR, J. G. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p. 1761-1770, 2002.

PIZAURO JR, J. M. Hormônios e regulação do metabolismo do tecido ósseo. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal/SP: FUNEP, 2002. p. 268–269.

SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; D'AGOSTINI, P. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p.157-168, 2004.

SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C. & YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3° ed. New York: Ithaca, p. 433. 1982.

SILVA, A.P. Níveis de cálcio e fósforo na dieta de codornas japonesas (*coturnix coturnix japonica*) em diferentes fases do ciclo de produção e seus efeitos sobre desempenho produtivo e qualidade dos ovos. Dissertação: Universidade Estadual Paulista (FMVZ). Botucatu. p.58. 2011

SILVA, E. L.; SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M. L. G. Efeito do plano de nutrição sobre o rendimento de carcaça de codornas tipo carne. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.514-522. 2007.

SILVA, V. K. et al. Influência da granulometria do calcário calcítico e dos níveis de cálcio sobre a qualidade dos ovos de poedeira em pico de postura. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2005, Santos. **Anais...** Santos, 2005. p.118.

SIMÕES, A. F. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose**. 2009. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 12/01/2013

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

TOLEDO, G.S.; KLOECKNER, P.; LOPES, J. Níveis das vitaminas A e E em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.624-629, 2006.

UNDERWOOD E.D.; SUTTLE N.F. Calcium. In : UNDERWOOD E.D., SUTTLE N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Washington : CAB international, 1999, 67-104.

VIEIRA, D.V.G. Níveis de cálcio e de fósforo em dieta para codornas japonesas de 26 a 38 semanas de idade. Dissertação: Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa-MG. p.47. 2009.

WIDEMAN JR, R. F. Renal regulation of avian calcium and phosphorus metabolism. **Journal of Nutrition**. v.117, n. 4, p. 808-815, 1987.

II - OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi determinar o nível de suplementação de vitamina D e a exigência nutricional de cálcio para codornas de corte em crescimento nas fases de 1 a 14 dias e de 15 a 35 dias, para máximo crescimento e desenvolvimento ósseo.

III - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 1 a 14 dias de idade

RESUMO - Foi realizado um experimento com o objetivo de determinar os níveis de suplementação de vitamina D (Vit. D) e as exigências nutricionais de cálcio (Ca) para codornas de corte (*Coturnix coturnix* sp) na fase de 1 a 14 dias de idade. Utilizaram-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D = 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 UI), com 3 repetições e 43 codornas por unidade experimental. O peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e biomassa corporal acumulada (BCA) apresentaram efeito quadrático com aumento dos níveis de cálcio e vitamina D, estimando os níveis de 0,73 %, 0,73 % e 0,74 % de Ca e 2.935 UI, 2.883 UI e 2.863 UI de Vit. D, respectivamente. Não houve interação em função dos níveis de cálcio e vitamina D sobre as variáveis de parâmetros ósseos. O cálcio nos ossos (CO), fósforo nos ossos (PO), cinzas nos ossos (CZO), resistência óssea do fêmur (ROF), resistência óssea da tíbia (ROT) e índice de Seedor do fêmur (ISF) apresentaram efeito quadrático com o aumento dos níveis de cálcio, estimando os níveis de 0,78 %, 0,71 %, 0,78%, 0,77 %, 0,83 % e 0,71 % de Ca, respectivamente. Conclui-se que o nível para máximo desempenho em ganho de peso é de 0,73% de Ca e 2.883 UI de Vit. D.

Palavras-chave: parâmetros ósseos, desempenho, exigência, ganho de peso

III - Calcium requirement and Vitamin D supplementation for meat quail, from 1 to 14 days of age

ABSTRACT - The experiment was carried out in order to determine the levels of vitamin D (Vit. D) and the nutritional requirements of calcium (Ca) for meat quails (*Coturnix coturnix sp*), from 1 to 14 days old. It has been used in a complete random experimental design in a 4 × 4 factorial scheme (levels of calcium = 0.42, 0.58, 0.74, 0.90% x levels of vitamin D = 1.000, 2.000; 3,000, 4,000 IU), with 3 repetitions and 43 quails per experimental unit. The body weight (BW), weight gain (WG) and accumulated body biomass (ABB) showed a quadratic effect with increased levels of calcium and vitamin D, estimating levels of 0.73%, 0.73% and 0.74 % Ca and 2,935 IU, 2,883 IU and 2,863 IU of Vitamin D, respectively. There was no interaction due to the levels of calcium and vitamin D on the variables of bone parameters. The calcium in bones (CB), phosphorus in the bones (PHB), bone ash (BA), bone strength of the femur (FBS), tibia bone strength (TBS) and index Seedor femur (ISF) showed a quadratic effect because of the increased calcium levels, estimating 0.78%, 0.71%, 0.78%, 0.77%, 0.83% of Ca and 0.71%, respectively. Bone densitometry (BD) increased linearly due to the increasing levels of Vitamin D. It has been concluded that the requirement for maximum growing is 0.73% Ca and 2,883 IU of Vitamin D.

Keywords: bone parameters, performance, nutritional requirement, weight gain.

3.1. Introdução

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de ovos de codornas da espécie *Coturnix coturnix japonica* (codorna japonesa) e um dos primeiros em produção de carne com a introdução e expansão da criação da espécie européia. A aceitação de seus produtos, pelos consumidores é crescente. Isto tem ocorrido devido ao baixo investimento, além do rápido retorno do capital investido (Silva et al., 2009).

Apesar desses fatores positivos, a coturnicultura ainda enfrenta muitos desafios para que se estabeleça como uma atividade especializada que atenda às necessidades de seus produtores, devido à falta de resultados científicos quanto à forma de criação e principalmente nutrição dessas aves.

Com relação aos níveis de cálcio e vitamina D, a maioria dos estudos são voltados às fases de produção de ovos, devido à grande influência desses nutrientes na formação do ovo. Há uma carência ainda maior na estimativa nos níveis ótimos de suplementação para a fase inicial da criação, onde estes nutrientes desempenham um papel fundamental no metabolismo e formação óssea.

A deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase de crescimento, assim, o conteúdo de cálcio no organismo dos pintainhos aumenta de maneira rápida na fase inicial, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80% do total de cálcio da ave adulta (Edwards, 2000).

Como a maioria das vitaminas não são sintetizadas em quantidades suficientes para atender a demanda fisiológica do organismo, elas devem ser obtidas da dieta (Toledo et al., 2006). Estes micronutrientes participam de inúmeros processos metabólicos do organismo e são essenciais para uma ótima saúde e desempenho do animal (Félix et al., 2009).

A participação da vitamina D é essencial na regulação da homeostase de cálcio e fósforo em um mecanismo no qual aumenta a captação intestinal destes, diminuindo as perdas renais e ainda estimulando a reabsorção óssea (McDowell, 1989).

Com base nisto, este trabalho tem o objetivo de estimar a exigência nutricional de cálcio e os níveis de suplementação de vitamina D para obter máximo desempenho produtivo e desenvolvimento ósseo em codornas européias entre 1 e 14 dias de idade especializadas na produção de carne.

3.2. Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Foram utilizadas 2.064 codornas de corte (*Coturnix coturnix sp*) de 1 a 14 dias de idade não sexadas, alojadas num galpão convencional, dividido em 48 “boxes” de 2,5 m² com cobertura de telha francesa, piso de terra batida e paredes laterais de alvenaria com telas de arame até o telhado, providas de cortinas laterais e com cama de palha de arroz sobre o piso.

Durante todo período experimental, os dados de temperatura foram coletados no início da manhã e no final da tarde, por intermédio de termômetros de máxima e mínima.

O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D₃ = 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 UI), totalizando 16 tratamentos com 3 repetições e 43 codornas por unidade experimental.

O número adequado de repetições pode aumentar a precisão do experimento, ou seja, melhorar a capacidade de um teste estatístico em detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos (Velini et al., 2006). De forma prática, Pimentel-Gomes (2000) sugere que um experimento deve ser dimensionado de forma que proporcione no mínimo dez graus de liberdade para o resíduo.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e os diferentes teores de cálcio das rações foram obtidos variando as quantidades de calcário, fosfato monocálcico e caulim, que foi utilizado como inerte.

Para atender à exigência nutricional de fósforo disponível, adotou-se a recomendação preconizada por Silva et al. (2009).

As rações experimentais foram formuladas para atender, em no mínimo, as exigências propostas por Rostagno et al. (2011) para frangos de corte na fase inicial de 1 a 21 dias de idade, exceto para cálcio e vitamina D. Os valores de composição química e valores energéticos dos alimentos foram obtidos de Rostagno et al. (2011).

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para codornas de corte de 1 a 14 dias de idade

Níveis de cálcio (%)	0,42				0,58				0,74				0,90			
Níveis de vitamina D (UI)	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000
Ingredientes (%)																
Milho grão	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14	36,14
Soja farelo (45%)	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29	53,29
Óleo de soja	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
Fosfato monocalcico	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Inerte	1,40	1,40	1,40	1,40	0,98	0,98	0,98	0,98	0,56	0,56	0,56	0,56	0,14	0,14	0,14	0,14
Vitamina D ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Calcário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,42	0,42	0,42	0,84	0,84	0,84	0,84	1,26	1,26	1,26	1,26
Supl. mineral/vitamínico ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-metionina	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
L-lisina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-treonina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Exigências Nutricionais																
EM (kcal/kg)	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Cálcio (%)	0,42	0,42	0,42	0,42	0,58	0,58	0,58	0,58	0,74	0,74	0,74	0,74	0,90	0,90	0,90	0,90
Proteína bruta (%)	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
Lisina digestível (%)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Met.+cist. digestível (%)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Treonina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Triptofano digestível (%)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Cloro (%)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Potássio (%)	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08

¹ Vitamina D3: 500.000 UI/g. Foram feitas as diluições da vitamina D3 com palha de arroz moída formando os níveis desejados (1.000 UI, 2.000 UI, 3.000 UI e 4.000 UI).

² Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto): Vit. A – 700.000 UI; Vit. E – 6.250 UI; Vit. B1 – 350 mg; Vit. B2 – 1.250 mg; Vit. B6 – 600 mg; Vit. B12 – 3.000 mcg; Vit. K3 – 600 mg; Pantotenato de Cálcio – 3.000 mg; Niacina – 8.760 mg; Ác. Fólico - 175 mg; Biotina - 17,5 mg; Colina – 75 mg; BHT – 1.000 mg; Zinco – 12,0 g; Ferro – 12,5 g; Manganês – 14,5 g; Cobre – 1.000 mg; Iodo - 250 mg; Cobalto – 50 mg; Selênio – 62,5 mg; Veículo q.s.p. 1.000 g.

³ BHT (Butil Hidroxi Tolueno).

Na fase inicial foram utilizados comedouros do tipo bandeja e bebedouros do tipo copo de pressão até o quinto dia de idade, sendo os comedouros substituídos gradativamente pelos comedouros tubulares e bebedouros automáticos do tipo pendular.

Em cada unidade experimental, foram utilizados círculos de proteção e uma campânula como fonte de aquecimento, a cama foi forrada com um papel corrugado até o sétimo dia de idade. Durante todo o período experimental a ração e a água foram fornecidas *ad libitum* para as aves.

O programa de iluminação foi atendido através de luz artificial e campânulas elétricas com lâmpadas incandescentes por 24 horas até o 14º dia de idade.

Para avaliação de desempenho zootécnico, as codornas foram pesadas semanalmente e simultaneamente foram realizadas as pesagens das rações experimentais fornecidas para determinação do consumo de ração (g/ave), do peso corporal (g), do ganho de peso (g), da conversão alimentar (g/g) e da biomassa corporal acumulada (%) obtida em relação ao ganho de peso e ao peso inicial.

Biomassa Corporal Acumulada = (ganho de peso (g) / peso médio inicial (g)) * 100.

Para avaliação dos parâmetros ósseos, ao final do experimento (14 dias de idade), foram sacrificadas 2 aves por unidade experimental, atordoadas com eletrochoque e sacrificadas por deslocamento cervical, de acordo com as normas proposta pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 091/2012), realizando a coleta do fêmur e tibia esquerda para análise de densitometria e índice de Seedor e fêmur e tibia direita para análise de resistência óssea.

Após a coleta os ossos, foram congelados (-18° C) até o início das análises dos parâmetros ósseos. Após o descongelamento dos ossos, foram retirados os tecidos envolventes (tecido muscular aderido) com o auxílio de tesouras e pinças.

Para determinação do índice de Seedor (Seedor et al. 1996), o fêmur e a tibia foram pesados em balança de precisão e medido o comprimento com auxílio de um paquímetro digital.

Índice de Seedor = peso dos ossos (mg) / comprimento (mm).

Os ossos foram mergulhados em éter de petróleo por um período de 24 horas para serem desengordurados e então secos em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas.

A determinação da densidade óptica radiográfica foi realizada na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá.

Em uma primeira etapa, as peças ósseas foram colocadas sob o filme (marca Kodak Intraoral E-Speed Film, size 2, tipo periapical), todas na mesma posição, e então radiografadas, utilizando-se um aparelho de raios-x odontológico DabiAtlante[®], modelo Spectro 70X eletrônico (DabiAtlante, Ribeirão Preto, Brasil), operando a 70 kVp, 8 mA, utilizando o tempo de exposição de 0,2 segundos, determinado por um teste piloto prévio, contendo um *stepwedge*, com o feixe de raios X incidindo perpendicularmente em relação ao filme à distância foco-filme de 10 cm.

Após a obtenção das radiografias, o processamento das películas radiográficas foi realizado por meio de uma processadora automática Revel Indústria e Comércio de equipamentos Ltda., com tempo de trabalho de 150 segundos, operando com soluções da Kodak RP X-Omat.

Em uma segunda etapa, as radiografias foram digitalizadas ao programa Image Tool[®] (versão 3.0, University of Texas Health Science Center at San Antonio, UTHSCSA, EUA, <ftp://maxrad6.uthscsa.edu/>) e gravadas em arquivos com extensão JPG progressivo.

A terceira etapa consistiu na leitura das radiografias para a determinação da densidade das peças ósseas. Para isto, foi utilizado o software “Adobe Photoshop CS6”, o qual possui uma ferramenta (“Histograma”), que analisa a densidade radiográfica da área selecionada, a qual encontra-se distribuída em uma escala de cores, mais especificamente o cinza, que possui 256 tons, onde o valor 0 (zero) representa o preto e o valor 256 representa o branco. Foram selecionados 3 pontos centrais do osso com tamanho fixo (10 px x 10 px) e destes foi obtida a média. Foi estudada a área central, por ser a mesma área que no ensaio de resistência recebeu a aplicação da força necessária à quebra.

Como referencial radiográfico, utilizou-se uma escala de alumínio de 10 degraus com 1 mm de espessura entre um degrau e outro. Os dados obtidos em valores de cinza foram convertidos em valores relativos à espessura da escala de alumínio, sendo todos comparados ao 3º degrau desta escala.

As análises de resistência foram realizadas em uma Prensa para Ensaio de Resistência à compressão não confinada em corpos de prova de solos coesivos e os valores expressos em quilograma força (kgf). As peças ósseas foram posicionadas em apoio da região das epífises, ficando as mesmas sem apoio na região central. A posição escolhida foi a antero-posterior para evitar que ossos se desloquem no momento da

quebra. A força foi aplicada na região central, sempre no mesmo ponto em todos os ossos e a velocidade de descida da sonda por aplicação da força foi a mesma (5 mm/s) para todos os ossos, sendo mensurada a força aplicada no momento anterior à ruptura do osso. A carga utilizada foi de 500 N (Newton) para todas as amostras.

Após o ensaio para a determinação da resistência óssea, os fêmures esquerdos foram triturados e secos em estufa de ventilação forçada, pesados em balança analítica (0,0001g), secos em estufa a 105°C por 12 horas, para a determinação do teor de cálcio e fósforo dos ossos.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa Sistema para Análises Estatísticas – SAEG (1997), da Universidade Federal de Viçosa de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = b_0 + b_1C_i + b_2V_j + b_3C_i^2 + b_4V_j^2 + b_5CV_{ij} + FA + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Valor observado das variáveis estudadas relativo a unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível de cálcio e o nível de vitamina D;

C_i = nível de cálcio, C1 = 0,42; C2 = 0,58; C3 = 0,74 e C4 = 0,90 %;

V_j = nível de vitamina D, V1 = 1000; V2 = 2000; V3 = 3000 e V4 = 4000 UI;

b_0 = constante geral;

b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de cálcio;

b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de vitamina D;

b_3 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de cálcio;

b_4 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de vitamina D;

b_5 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de cálcio e vitamina D;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

Primeiramente, buscou-se estimar as exigências de cálcio e vitamina D pelo modelo quadrático e/ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

Os resultados foram obtidos por meio da análise de superfície resposta, sendo esta uma coleção de técnicas matemáticas e estatísticas usadas para análise de problemas sobre a influência de cada variável independente sobre as variáveis dependentes de resposta, tendo como objetivo, otimizar as respostas (Montgomery, 1976).

3.3. Resultados e Discussão

Não houve interação ($P>0,05$) em função dos níveis de cálcio (Ca) e vitamina D (Vit. D) para as variáveis consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) quando analisado o período de 1 a 14 dias, indicando que apenas os níveis de Ca influenciaram o consumo de ração das codornas nesta fase (Tabela 2).

O peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e biomassa corporal acumulada (BCA) foram influenciadas de forma quadrática ($P<0,05$), em função dos níveis de cálcio e vitamina D.

Nesta fase, as variáveis de desempenho indicaram grande dependência dos animais em relação à suplementação de cálcio e vitamina D, devido ao acelerado desenvolvimento muscular e esquelético. De acordo com Edwards (2000), a deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase inicial de crescimento, assim, o conteúdo de cálcio no organismo aumenta de maneira rápida na fase inicial, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80% do total de cálcio da ave adulta.

Conforme mostra a Figura 1, as estimativas para máximo PC (83,48 g), GP (74,83 g) e BCA (864,73 %) e CR (144,06 g) foram obtidas com rações contendo 0,73, 0,73, 0,74 e 0,72% de Cálcio e 2.935, 2.883 e 2.863 UI de vitamina D, respectivamente.

Estas variáveis (PC, GP e BCA) tiveram respostas semelhantes ao aumento dos níveis de cálcio e vitamina D, estimando valores muito próximos para máximo desempenho. Confirmando a importância das duas variáveis independentes no desenvolvimento inicial das aves.

Segundo Silva & Costa (2009), a recomendação de suplementação de cálcio para codornas japonesas de 1 a 21 dias é de 0,60 % e para codornas européias é de 0,85 %. Por outro lado, Rostagno et al. (2011) recomendam 0,90% de cálcio para codornas japonesas nas fases de cria e recria, não havendo recomendação de vitamina D.

No guia de formulação, Rhodimet (1993), a recomendação de cálcio para codornas de 0 a 3 semanas de idade é de 1,0%, em rações com 2.900 kcal de EM/kg e 24,5% de PB, enquanto que nas Tabelas do INRA (1999) a exigência em cálcio é de 0,85%, 0,90% e 0,95%, em rações com 2.800, 3.000 e 3.200 kcal de EM/kg e 23,0; 24,6 e 26,3% de PB, respectivamente e no NRC (1994), a recomendação de 0,80% de cálcio em rações com 2.900kcal de EM/kg. A ração deste experimento foi formulada para atender às exigências em 2.997 kcal de EM/kg e 27,5% de PB.

Tabela 2. Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 1 a 14 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.

Cálcio	0,42				0,58				0,74				0,90				CV%	
Vit. D	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000		
CR (g/ave)	134,51	132,58	138,79	134,38	144,05	142,67	142,95	139,66	143,87	145,06	145,38	140,93	135,87	138,72	144,73	144,03	4,53	
PC (g)	73,70	78,09	79,20	76,65	80,23	82,64	83,11	78,72	81,43	82,33	80,28	83,88	77,35	79,98	83,18	82,08	3,35	
GP (g)	65,00	69,39	70,50	68,01	71,50	73,99	74,42	70,02	72,68	73,71	71,63	75,23	68,70	71,41	74,52	73,38	3,74	
BCA (%)	747,43	797,73	810,61	787,81	819,08	855,27	855,59	805,44	831,27	855,12	828,16	869,71	793,87	832,85	861,20	843,70	3,72	
CA (g/g)	2,08	1,91	1,97	1,98	2,02	1,93	1,92	2,00	1,98	1,97	2,03	1,87	1,98	1,95	1,94	1,96	5,16	
Equação de Regressão									R ²		Estimativa				Efeito			
											Cálcio		Vit. D		Cálcio		Vit. D	
PC = 46,7337 + 79,7161 CA - 54,6995 CA ² + 0,00533663 VD - 0,000000924353 VD ²									1,00		0,73		2.935		Quadrático		Quadrático	
GP = 38,0417 + 79,3561 CA - 54,3589 CA ² + 0,00542558 VD - 0,000000940826 VD ²									1,00		0,73		2.883		Quadrático		Quadrático	
BCA = 436,206 + 883,457 CA - 596,730 CA ² + 0,0709361 VD - 0,0000123894 VD ²									1,00		0,74		2.863		Quadrático		Quadrático	
CR = 92,4018 + 143,734 CA - 99,9898 CA ²									1,00		0,72		--		Quadrático		--	

Coeficiente de variação (CV); Consumo de ração (CR); Peso corporal (PC); Ganho de peso (GP); Biomassa corporal acumulada (BCA); Conversão alimentar (CA).

Silva et al. (2009), trabalhando com codornas de corte na fase de 1 a 14 dias, não observaram interações entre os níveis de cálcio e fósforo disponível para as variáveis de desempenho, e concluíram que 0,65% de cálcio, o menor nível fornecido, foi suficiente para atender à exigência nutricional das aves. Semelhantemente, Reddy et al. (1980), trabalhando com codornas japonesas em crescimento (1 a 21 dias), estimaram exigência de 0,60% de cálcio.

Em experimento com codornas japonesas machos, no período de 1 a 21 dias, Costa et al. (2011) avaliaram 7 níveis de cálcio, de 0,85% a 1,75%, e verificaram que o CR, o GP e a CA apresentaram efeito quadrático com o aumento dos níveis de cálcio na dieta, recomendando uma dieta contendo 1,24% de cálcio.

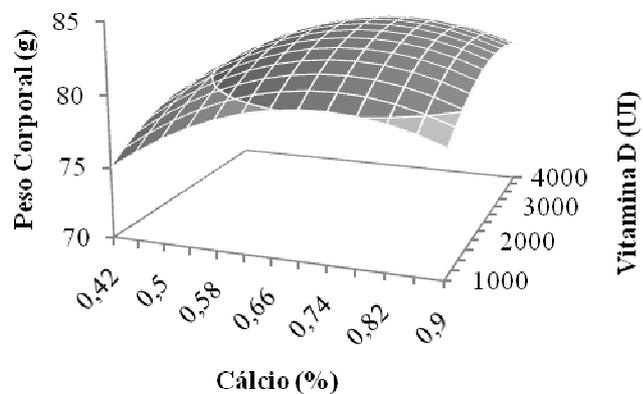
O consumo de ração diminuiu ($P < 0,05$) a partir de níveis acima de 0,72% de cálcio na ração (Figura 1d). Resultados muito próximos foram encontrados por Santos et al. (2011), que estimaram 0,73% de cálcio para consumo de ração de frangos de corte de 1 a 7 dias, porém suplementados com fitase (500 ftu/kg). Diferentemente, Costa et al. (2011) observaram queda no consumo apenas a partir de 1,19% de cálcio.

Da mesma forma, em trabalhos realizados com frangos de corte (Pinheiro et al., 2011 e Alves et al., 2002), também encontraram efeito quadrático para consumo de ração devido à suplementação de cálcio.

O nível de cálcio estimado por Costa et al. (2011) é superior ao encontrado nas tabelas citadas e ao estimado por este trabalho, discordando de Silva et al. (2011), quando afirmam que existem semelhanças e discrepâncias entre as especificações nutricionais para codornas de corte e postura nas fases de crescimento e postura. Embora as sugestões de proteína e de energia sejam iguais, os níveis de cálcio, fósforo disponível e o perfil de aminoácidos são maiores para as codornas de linhagens pesadas, que podem ser justificados pelas maiores taxas de ganho de peso e de crescimento muscular dessas aves, especialmente, nas primeiras quatro semanas de vida.

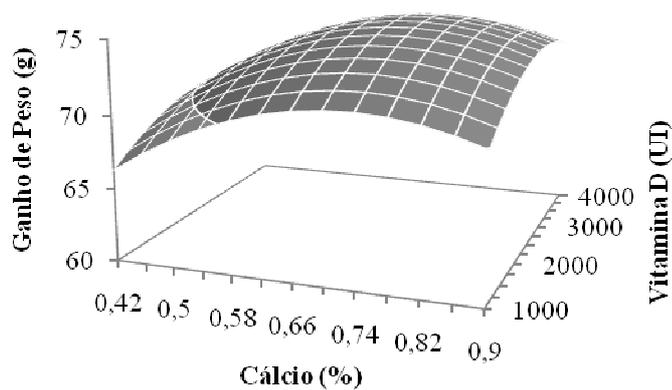
a)

$$PC = 46,7337 + 79,7161 CA - 54,6995 CA^2 + 0,00533663 VD - 0,000000924353 VD^2$$



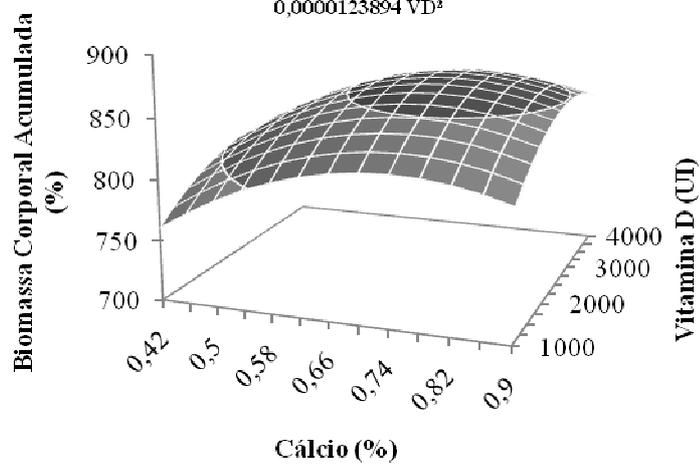
b)

$$GP = 38,0417 + 79,3561 CA - 54,3589 CA^2 + 0,00542558 VD - 0,000000940826 VD^2$$



c)

$$BCA = 436,206 + 883,457 CA - 596,730 CA^2 + 0,0709361 VD - 0,0000123894 VD^2$$



d)

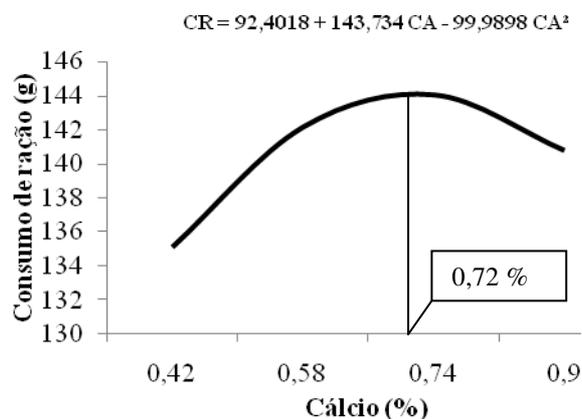


Figura 1. Peso corporal (a), ganho de peso (b), biomassa corporal acumulada (c) e consumo de ração (d) de codornas de corte no período de 1 a 14 dias de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de cálcio e vitamina D.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da suplementação de Ca e Vit. D sobre a conversão alimentar (CA) no período de 1 a 14 dias. De forma semelhante, Silva et al. (2009) não encontraram efeito significativo para esta variável. Já no trabalho de Costa et al. (2011), foi estimado o nível de 1,23% de cálcio na dieta, baseados na conversão alimentar.

Schoulten et al. (2003), avaliando níveis de cálcio para frangos de corte, forneceram ração basal com 0,54% de fósforo total e 600 ftu/kg na fase inicial, mas não encontraram efeito sobre as variáveis consumo de ração e conversão alimentar e mesmo testando baixos níveis de suplementação (0,46% de cálcio) foi observado redução linear no ganho de peso, discordando dos resultados deste trabalho. Este resultado pode ser devido à inclusão fitase na dieta, pois ela não só reduz a necessidade de suplementação com fósforo, mas também de outros minerais que podem ser liberados para a absorção (Sebastian et al., 1996)

As diferentes recomendações podem estar relacionadas também com a relação Ca:P, pois são controlados pela ação dos mesmo hormônios, calcitonina e paratormônio, e agem de forma conjunta com a vitamina D no metabolismo. Logo, rações com menores teores de fósforo exigem menores teores de cálcio, para que a relação seja mantida.

A melhor relação Ca:P para as variáveis de desempenho PC e GP foi de 1,78:1, onde a ração continha 0,73% de cálcio e 0,41% de fósforo disponível.

Confirmando os resultados obtidos por este trabalho, alguns autores apontam maior efetividade da 25-OHD₃ sobre o desempenho de frangos, principalmente na fase inicial, quando consideram que as aves apresentam maior sensibilidade às fontes e níveis de suplementação de vitamina D (Yarger et al., 1995; Fritts & Waldroup, 2003).

As recomendações de vitamina D₃ para frangos de corte em fase de crescimento é de 200 UI (NRC, 1994), 3.000 a 5.000 UI (Guia DSM, 2006) e 2.375 UI (1 a 7 dias) e 2.090 UI (8 a 21 dias) (Rostagno et al., 2011).

Porém, Sheikhlar & Navid (2009), avaliando 4 diferentes níveis de suplementação de 1,25-dihidroxicolecalciferol (2,5 a 8,5 ug/kg 1,25(OH)₂D₃) em rações contendo 0,71% de cálcio e 0,37% de fósforo total para codornas de 0 a 3 semanas de idade, não observaram efeitos dos níveis de suplementação de vitamina D para ganho de peso e conversão alimentar.

Já Brito et al. (2010), trabalhando com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, criados em gaiolas, testaram duas fontes de vitamina D (D₃ e 25-OHD₃) e diferentes níveis de suplementação, verificando que independentemente da fonte de vitamina D utilizada, os níveis de suplementação tiveram influência significativa no ganho de peso e na conversão alimentar. Semelhantemente, Rao et al. (2006), trabalhando com frangos de corte, estimaram 2.400 UI/Kg e 3.600 UI/kg, para ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente, em dietas com 0,50% de cálcio e 0,25% de fósforo disponível.

Não houve interação ($P>0,05$) em função dos níveis de cálcio e vitamina D sobre as variáveis de parâmetros ósseos avaliadas aos 14 dias de idade, indicando que os nutrientes estudados agiram de forma independente nessa primeira fase de criação (Tabela 3).

Foi observado efeito quadrático ($P<0,05$) dos níveis de cálcio sobre o teor de cálcio nos ossos (CO), fósforo nos ossos (PO), cinzas nos ossos (CZO), resistência óssea do fêmur (ROF), resistência óssea da tíbia (ROT) e índice de Seedor do fêmur (ISF) e aumento linear ($P<0,05$) dos níveis de vitamina D sobre a densitometria óssea (DO).

Uma suplementação inadequada de cálcio e vitamina D durante a fase inicial terá como conseqüência um desequilíbrio na homeostase mineral, desenvolvimento inapropriado dos ossos e calcificação anormal.

Tabela 3. Valores médios de parâmetros ósseos e sanguíneo de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.

Cálcio	0,42				0,58				0,74				0,90				CV %
Vit. D	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	
CO (%)	9,33	10,85	9,19	9,85	11,25	11,77	11,13	11,20	12,00	11,21	11,56	12,03	12,09	11,23	11,70	11,61	7,38
PO (%)	7,38	6,32	6,82	6,20	6,58	8,58	6,67	7,35	7,70	7,72	5,89	8,47	6,94	6,94	7,03	7,43	12,49
CZO (%)	32,23	37,96	31,97	35,99	39,24	40,88	39,05	38,56	38,90	41,78	41,24	41,12	40,43	40,25	40,71	39,81	6,03
ROF (kgf)	4,62	5,39	4,68	4,71	5,07	5,13	5,10	5,10	5,45	5,22	5,10	5,31	4,95	5,28	5,28	5,25	5,29
ROT (kgf)	4,59	5,04	4,83	4,92	4,77	5,13	4,98	5,01	5,28	5,16	5,10	5,31	5,16	5,10	4,98	5,28	3,64
ISF (mg/mm)	4,99	5,34	5,25	5,30	5,19	5,71	6,01	5,71	6,03	5,87	5,57	5,71	5,41	5,63	5,32	5,75	7,91
IST (mg/mm)	7,06	7,99	7,67	7,50	7,17	7,55	9,88	8,26	8,29	7,64	7,35	7,11	7,34	8,23	8,27	8,23	12,34
DO (mm Eq/Al)	1,56	1,40	1,60	1,62	1,14	1,71	1,54	1,56	1,49	1,74	1,75	1,74	1,55	1,34	1,71	1,74	15,44
CSangue (%)	4,18	4,45	3,55	3,83	3,05	4,88	3,65	2,42	2,85	3,07	2,67	3,88	4,57	3,92	5,10	4,03	24,49
	Equação de Regressão								R ²	Estimativa				Efeito			
										Cálcio (CA)		Vit. D (VD)		Cálcio (CA)		Vit. D (VD)	
CO = 2,48188 + 23,9814 CA – 15,3639 CA ²									0,99	0,78		--		Quadrático		--	
PO = 2,28751 + 14,7110 CA - 10,4099 CA ²									1,00	0,71		--		Quadrático		--	
CZO = 10,7760 + 77,7927 CA - 50,0813 CA ²									0,99	0,78		--		Quadrático		--	
ROF = 3,32618 + 4,95282 CA – 3,19574 CA ²									0,98	0,77		--		Quadrático		--	
ROT = 3,76880 + 3,36308 CA – 2,03365 CA ²									0,88	0,83		--		Quadrático		--	
ISF = 2,33872 + 9,73230 CA – 6,87201 CA ²									1,00	0,71		--		Quadrático		--	
DO = 1,37441 + 0,0000806078 VD									0,92	--		--		--		Linear	
CSangue = 9,86535 – 20,5575 CA + 16,0316 CA ²									0,92	0,64		--		Quadrático		--	

Coeficiente de variação (CV); Cálcio nos ossos (CO); Fósforo nos ossos (PO); Cinzas nos ossos (CZO); Resistência óssea do fêmur (ROF); Resistência óssea da tíbia (ROT); Índice de Seedor do fêmur (ISF); Índice de Seedor da tíbia (IST); Densidade óptica (DO); Cálcio no sangue (CSangue).

Os melhores valores para parâmetros ósseos foram CO (11,84 %), PO (7,48 %), CZO (40,98 %), ROF (5,25 kgf), ROT (5,16 kgf), ISF (5,78 mg/mm) que correspondem aos níveis de 0,78, 0,71, 0,78, 0,77, 0,83 e 0,71% de Ca, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Qian et al. (1997) que, trabalhando com frangos de corte, de 1 a 21 dias, forneceram rações com 0,51% de fósforo total, 600 unidades de fitase/Kg e níveis de cálcio, variando de 0,56 a 1,02%, estimando o nível de 0,71% de cálcio na ração para melhor mineralização óssea.

Em trabalhos realizados com frangos de corte, Pinheiro et al. (2011) e Sá et al. (2004), estimaram 1,16% de cálcio (1 a 28 dias) e 1,20% de cálcio (1 a 21 dias) na dieta para máxima resistência a quebra, respectivamente.

Já no trabalho de Silva et al. (2009), com codornas de corte aos 14 dias, a resistência óssea foi influenciada de forma quadrática com o aumento nos níveis de cálcio das rações, com estimativa para máxima resistência em 0,89%, entretanto, o teor de fósforo dos ossos reduziu linearmente com o aumento dos níveis de cálcio. Neste mesmo trabalho, a densidade óptica também não foi influenciada pelos níveis de Ca nesta fase, porém teve efeito quadrático com relação aos níveis de fósforo.

Os resultados obtidos neste trabalho, mostram que apesar do metabolismo do cálcio estar relacionado com a vitamina D, e estes agirem de forma conjunta no desempenho dos animais, não foi observado a mesma influência da suplementação de vitamina D sobre os parâmetros ósseos.

Porém, Silva et al. (2001), estudando os efeitos do ácido L-glutâmico (5, 10 e 15%) e da vitamina D₃ (0, 5.000, 10.000 e 15.000 UI) na dieta, afirmaram que os pintos de corte apresentaram melhor desempenho, melhor desenvolvimento dos ossos, baixas concentrações ósseas de proteínas não colagenosas e menos incidência de problemas de pernas, quando alimentadas com 10% de ácido L-glutâmico e 15.000 UI de vitamina D₃.

Estudos mostram que apenas altos níveis de vitamina D₃ diminuíram a incidência de anomalias ósseas em pintos (Edwards et al., 1992; Silva et al., 2001; Whitehead et al., 2004).

Houve efeito quadrático dos níveis de cálcio ($P < 0,05$) sobre os níveis de cálcio sanguíneo ($CS_{\text{sangue}} = 9,86535 - 20,5575 CA + 16,0316 CA^2$), estimando o maior valor em 0,64% de cálcio na ração (Tabela 3). Porém, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de vitamina D sobre o cálcio sanguíneo nesta fase de criação.

Discordando dos obtidos por Sheikhlari & Navid (2009), que trabalhando com codornas japonesas de 0 a 3 semanas de idade, verificaram que o teor de cálcio nos ossos e no plasma aumentou significativamente com o aumento dos níveis de vitamina D.

Estes resultados mostram que para haver um ótimo desempenho zootécnico, as codornas têm uma exigência menor do que o requerimento necessário para agir sobre os parâmetros ósseos, concordando com Schoultens et al. (2003), que estimaram 0,46% de cálcio para ganho de peso e 0,59% para teor de cálcio na tíbia.

As exigências em cálcio e vitamina D estão relacionadas ao acelerado desenvolvimento muscular e ósseo das codornas de corte na fase de 1 a 14 dias de idade. Grieser (2012), estudando curvas de crescimento para codornas de corte, estimou taxa de deposição de cinzas de 0,053 g/ave/dia ao nascimento e 0,245 g/ave/dia aos 14 dias de idade, evidenciando a importância de se estimar níveis ótimos de suplementação baseado nas necessidades fisiológicas das codornas para manutenção do seu metabolismo, desenvolvimento ósseo e máximo desempenho zootécnico.

3.4. Conclusões

O nível de suplementação de cálcio e vitamina D para codornas de corte na fase de 1 a 14 dias para máximo desempenho em ganho de peso é de 0,73% de cálcio e 2.883 UI de vitamina D.

3.5. Literatura citada

BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. C.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; LIMA, E. M. C.; MENEGUETTI, C. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Lavras, v.39, n.12, p.2656-2663, 2010.

COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, P. A.; SOUZA, J. G.; SILVA, J. H. V.; GOULART, C. C.; RABELLO, C. B. Exigência de cálcio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) machos na fase de 1 a 21 dias de idade. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 410-414, 2011.

DSM Nutritional Products. **DSM Vitamin Supplementation Guidelines**, for domestic animals. 16p. 2006

EDWARDS JR, H. M.; ELLIOT, M. A.; SOONCHARERNYING, S. Effects of dietary calcium on tibial dyschondroplasia. Interaction with light, cholecalciferol, 1,25-dihydroxycholecalciferol, protein, and synthetic zeolite. **Poultry Science**, v. 71, n.12, p.2041-2055, 1992.

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

FÉLIX, A. P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J. O. B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.619-626, 2009.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Comparation of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in broilers diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal Applied Poultry Research**, v.14, n.1, p.156-166, 2005.

GRIESER, D. O. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. Dissertação: Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá - PR. 109p. 2012

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentação dos animais monogástricos**: suínos, coelhos e aves. 2.ed. São Paulo: Roca, 1999. 245p.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 2. Ed. New York: USA. 1976, 538p.

NATIONAL RESERCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences: 1994. 155p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ, 2000, 477p.

PINHEIRO, S. R. F.; SAKOMURA, N. K.; SIQUEIRA, J. C.; MARCATO, S. M.; DOURADO, L. R. B.; FERNANDES, J. B. K.; MALHEIROS, E. B. Níveis nutricionais

de cálcio para aves de corte ISA Label criadas sob semiconfinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.1, p. 231-238, 2011.

QIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol and the calcium: Total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, v.76, p. 37-46, 1997.

RAO, S.V.R.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K. Effect of high concentrations of cholecalciferol on growth, bone mineralization and mineral retention in broiler chicks fed suboptimal concentrations of calcium and nonphytate phosphorus. **Journal of Applied Poultry Research**, v.15, n.4, p.493-501, 2006.

REEDY, V.R.; SHRIVASTAV, A.K.; SADAGOPAN, V.R. Calcium and phosphorus requirements growing Japanese quail. **British Poultry Science**. v.21, p.385-387, 1980.

RHODIMET nutrition guide. 2.ed. France: Rhône-Poulenc Animal Nutrition, 1993. 55p.

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

SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; D'AGOSTINI, P. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 1, p.157-168, 2004.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementadas com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1190-1197, 2003

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAQUË, P. C. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. **Poultry Science**, v.75, n.12, p.1516-1523, 1996.

SEEDOR, T.; WATANABE, E.; KADOWAKI, W. Effect of dietary and arginine levels on bone development in broiler chicks. **Animal Science and Technology**, v.67, n.1, p.7-13, 1996.

SHEIKHLAR, A., NAVID, S. Effect of Dietary 1, 25-Dihydroxycholecalciferol Concentration on Growth Performance and Bone Characteristics of Japanese Quail Fed Diet Deficient in Calcium and Phosphorus. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n. 10, p.1517-1520, 2009

SILVA, F. A.; MORAES, G. H. K.; RODRIGUES, A. C. P.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T.; FONSECA, C. C.; MINAFRA, C. S. Efeitos do ácido L-glutâmico e da vitamina D₃ no desempenho e anomalias ósseas de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n. 6, p.2059-2066, 2001.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2ª ed., Ed. FUNEP, Jaboticabal - SP, 2009, 110p.

SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F.G.P.; LACERDA, P. B.; VARGAS, D. G. V. Exigências nutricionais de codornas. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia - Inovações tecnológicas e mercado consumidor. Universidade Federal de Alagoas - Maceió, AL, 15p., 2011.

SILVA, R. M.; FURLAN, A. C.; TON, A. P. S.; MARTINS, E. N.; SCHERER, C.; MURAKAMI, A. E. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1509-1517, 2009.

TOLEDO, G. S.; KLOECKNER, P.; LOPES, J.; COSTA, P. T. Níveis das vitaminas A e E em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.624-629, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 5.0. Viçosa, MG: 1997. 150p. (Manual do usuário).

WHITEHEAD, C. C.; McCORMACK, H. A.; McTEIR, L.; FLEMING, R. H. High vitamin D₃ requirements in broilers for bone quality and prevention of tibial dyschondroplasia and interactions with dietary calcium, available phosphorus and vitamin A. **British Poultry Science**. v. 45, n. 3, p. 425-436, 2004.

YARGER, J. G.; QUARLES, C. L.; HOLLIS, B. W.; GRAY, R. W. Safety of 25-hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, v.74, n.9, p.1437-1446, 1995.

VELINI, E.D.; PALMA, V.; SOUZA, L.S.; MARTINS, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I – Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.435-442, 2006.

IV - Determinação da exigência nutricional de Cálcio e níveis de suplementação de Vitamina D para codornas de corte em crescimento de 15 a 35 dias de idade

RESUMO - Foi realizado um experimento com o objetivo de determinar os níveis de suplementação de vitamina D (Vit. D) e as exigências nutricionais de cálcio (Ca) para codornas de corte (*Coturnix coturnix* sp) de 15 a 35 dias de idade. Utilizaram-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D = 1.000; 2.000; 3.000; 4.000 UI). O peso corporal (PC) e o ganho de peso (GP) aumentaram linearmente e a conversão alimentar (CA) melhorou linearmente com o aumento dos níveis de Ca e Vit. D. Os níveis de Vit. D proporcionaram um aumento linear no consumo de ração (CR) e os níveis de cálcio aumentaram linearmente a biomassa corporal acumulada (BCA). O cálcio nos ossos (CO) e a cinza óssea (CZO) responderam de forma quadrática em função dos níveis de Vit. D da dieta, estimando os níveis de 2.712 UI e 2.700 UI de Vit. D, respectivamente. O índice de Seedor do fêmur (ISF), o índice de Seedor da tíbia (IST) e a resistência óssea do fêmur (ROF) apresentaram aumento linear com o aumento dos níveis de Ca e o ISF apresentou também resposta quadrática com o aumento dos níveis de Vit. D, estimando o nível de 2.756 UI. Conclui-se que para codornas de corte nesta fase, a suplementação de Ca e Vit. D deve ser maior ou igual a 0,90% de Ca e maior ou igual a 4.000 UI de Vit. D, possivelmente por ser uma fase pré-postura.

Palavras-chave: parâmetros ósseos, desempenho, exigência, fase pré-postura

IV – Calcium requirement and Vitamin D supplementation for meat quail, from 15 to 35 days old

ABSTRACT - The experiment was carried out in order to determine the supplementary levels of vitamin D (Vit. D) and the nutritional requirements of calcium (Ca) for meat quails (*Coturnix coturnix sp*), from 15 to 35 days old. It has been used a factorial experiment with 4 x 4 (levels of calcium = 0.42, 0.58, 0.74, 0.90% x levels of vitamin D = 1.000, 2.000; 3,000, 4,000 IU). The body weight (BW) and weight gain (WG) increased linearly and the feed conversion (FC) improved linearly due to the increased levels of Ca and Vitamin D. The increased levels of Vitamin D resulted in a linear increase at the feed intake (FI) and the increase of calcium levels caused a linear increase of the accumulated body biomass (ABB). The phosphorus in the bones (PHB), the tibia bone strength (TBS) and bone densitometry (BD) showed no effect due to the increased levels of Ca and Vitamin D in the diet. The calcium in the bones (CB) and the bone ash (BA) demonstrated no effect because of the increased levels of Ca, but responded quadratically due to the increased levels of Vitamin D in the diet, estimating levels of 2,712 IU and 2,700 IU of Vitamin D, respectively. The femur index of Seedor (ISF), tibia index of Seedor (IST) and the femur bone strength (FBS) showed a linear increase because of the increased levels of Ca. The ISF also showed a quadratic response due to the increased levels of Vitamin D, estimating level of 2,756 IU. It has been concluded that the requirement of Ca e Vitamin D for optimum performance and maximum growing of meat quails during the period of 15-35 days old is greater or equal to 0.90% for Ca and greater or equal to 4,000 IU for Vitamin D, it possibly happened for the reason that the experiment has been done at the pre-posture phase.

Keywords: bone parameters, performance, nutritional requirement, pre-oviposition phase.

4.1. Introdução

Os investimentos na criação de codornas no país têm aumentado graças a uma série de características dessas pequenas aves, tornando essa atividade uma alternativa lucrativa para o mercado brasileiro. O setor tem merecido cada vez mais destaque ao longo dos anos. Sua evolução tem sido constante e cada vez mais empresas do setor avícola tem mostrado interesse em melhorar a qualidade de seus produtos, produzindo a custos mais baixos e atendendo ao consumidor da melhor forma possível (Bertechini, 2009).

As codornas destinadas à produção de carne apresentam taxa de crescimento e peso final muito maior do que as de postura, o que permite que cheguem a um peso adequado ao abate numa idade bastante precoce, considerando em média 35 dias até a fase adulta (Silva, 2008).

O consumo da carne de codornas tem aumentado devido ao seu sabor exótico e ao alto valor nutritivo. Segundo Moraes & Ariki (2009), essa carne é uma excelente fonte de vitamina B6, niacina, B1, B2, ácido pantotênico, bem como de ácidos graxos, além de apresentar grandes concentrações de Ferro, Fósforo, Zinco e Cobre quando comparada à carne de frango.

Apesar de ser um mercado em expansão, como mostra os dados do IBGE (2011), onde dentre os animais de pequeno porte, o maior destaque de crescimento em número de animais foi para codornas com 19,8%. As empresas deste ramo carecem de informações científicas e dados zootécnicos relacionados à nutrição, genética, manejo e ambiência que potencializem a produção da carne de codornas.

A determinação das corretas exigências nutricionais é de grande importância para todas as espécies avícolas, uma vez que a dieta é, talvez, o principal fator ambiental que determina se as aves vão crescer até ao seu potencial genético máximo (Albino et al., 2003).

As vitaminas são nutrientes essenciais que atuam em mais de 30 reações metabólicas celulares (Marks, 1979). A participação da vitamina D é essencial na regulação da homeostase de cálcio e fósforo em um mecanismo no qual aumenta a captação intestinal destes, diminuindo as perdas renais e ainda estimulando a reabsorção

óssea. Isso ocorre, porque a vitamina D controla os níveis de cálcio e fósforo, promovendo a mineralização óssea, de maneira que a ausência de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ diminui a absorção de cálcio no intestino, ossos e túbulos renais (McDowell, 1989).

O cálcio é exigido pelas aves para um adequado crescimento, utilização eficiente dos alimentos, formação da casca do ovo, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativação de sistemas enzimáticos e envolvimento com a secreção de diferentes hormônios (Underwood & Suttle, 1999; Sá et al., 2004; Macari et al., 2008).

Uma suplementação mineral inadequada durante a fase de crescimento terá como consequência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves, ou seja, calcificação anormal dos ossos. No entanto, o cálcio em excesso pode agir como antagonista dificultando a absorção de alguns minerais tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros (Smith & Kabaja, 1984).

Dentro deste contexto, foi desenvolvido um experimento com o objetivo de estimar a exigência nutricional de cálcio e os níveis de suplementação de vitamina D para obter máximo desempenho produtivo (ganho de peso, conversão alimentar) e desenvolvimento ósseo (resistência, densidade e índice de Seedor) para codornas européias entre 15 e 35 dias de idade especializadas na produção de carne.

4.2. Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Foram utilizadas 1.920 codornas de corte (*Coturnix coturnix sp*) de 15 a 35 dias de idade, alojadas num galpão convencional, dividido em 48 “boxes” de 2,5 m² com cobertura de telha francesa, piso de terra batida e paredes laterais de alvenaria com telas de arame até o telhado, providas de cortinas laterais, com cama de palha de arroz utilizada sobre o piso.

Aos 15 dias de idade as aves foram pesadas e distribuídas conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2007), buscando uniformizar os pesos médios das unidades experimentais, de forma que todas as unidades tivessem pesos semelhantes.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de cálcio = 0,42; 0,58; 0,74; 0,90 % x níveis de vitamina D = 1000;

2000; 3000; 4000 UI), totalizando 16 tratamentos com 3 repetições e 40 codornas por unidade experimental.

O número adequado de repetições pode aumentar a precisão do experimento, ou seja, melhorar a capacidade de um teste estatístico em detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos (Velini et al., 2006). De forma prática, Pimentel-Gomes (2000) sugere que um experimento deve ser dimensionado de forma que proporcione no mínimo dez graus de liberdade para o resíduo.

Durante todo período experimental, os dados de temperatura foram coletados no início da manhã e no final da tarde, por intermédio de termômetros de máxima e mínima.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e os diferentes teores de cálcio das rações foram obtidos variando as quantidades de calcário, fosfato monocálcico e caulim utilizado como inerte.

Para atender à exigência nutricional de fósforo disponível adotou-se a recomendação preconizada por Silva et al. (2009).

As rações experimentais foram formuladas para atender o mínimo das exigências propostas por Rostagno et al. (2011) para frangos de corte na fase inicial de 1 a 21 dias de idade, exceto para cálcio e vitamina D. Os valores de composição química e valores energéticos dos alimentos foram obtidos de Rostagno et al. (2011).

Para avaliação de desempenho zootécnico as codornas foram pesadas semanalmente e simultaneamente foram realizadas as pesagens das rações experimentais fornecidas, para determinação do consumo de ração (g/ave), do peso corporal (g), do ganho de peso (g), da conversão alimentar (g/g) e da biomassa corporal acumulada (%) obtida em relação ao ganho de peso e ao peso inicial.

$$\text{Biomassa Corporal Acumulada} = (\text{ganho de peso (g)} / \text{peso médio inicial (g)}) * 100.$$

Para a determinação do rendimento de carcaça, aos 35 dias de idade, foram utilizadas duas codornas (um macho e uma fêmea) por unidade experimental, selecionadas pelo peso médio ($\pm 10\%$) de cada unidade experimental (6 codornas por tratamento), as quais foram submetidas a quatro horas de jejum, sendo sacrificadas por decapitação entre os ossos occipital e atlas, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 091/2012).

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para codornas de corte de 15 a 35 dias de idade

Níveis de cálcio (%)	0,42				0,58				0,74				0,90			
Níveis de vitamina D (UI)	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000
Ingredientes (%)																
Milho grão	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95
Soja farelo (45%)	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83	41,83
Óleo de soja	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52
Fosfato monocalcico	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Inerte	1,40	1,40	1,40	1,40	0,97	0,97	0,97	0,97	0,55	0,55	0,55	0,55	0,13	0,13	0,13	0,13
Vitamina D ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Calcário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,43	0,43	0,43	0,85	0,85	0,85	0,85	1,27	1,27	1,27	1,27
Supl. mineral/vitamínico ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-metionina	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
L-lisina	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
L-treonina	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Exigências Nutricionais																
EM (kcal/kg)	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Cálcio (%)	0,42	0,42	0,42	0,42	0,58	0,58	0,58	0,58	0,74	0,74	0,74	0,74	0,90	0,90	0,90	0,90
Proteína bruta (%)	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50
Lisina digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Met.+cist. digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Treonina digestível (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Triptofano digestível (%)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cloro (%)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Potássio (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

¹ Vitamina D3: 500.000 UI/g. Foram feitas as diluições da vitamina D3 com palha de arroz moída formando os níveis desejados (1.000 UI, 2.000 UI, 3.000 UI e 4.000 UI).

² Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto): Vit. A – 700.000 UI; Vit. E – 6.250 UI; Vit. B1 – 350 mg; Vit. B2 – 1.250 mg; Vit. B6 – 600 mg; Vit. B12 – 3.000 mcg; Vit. K3 – 600 mg; Pantotenato de Cálcio – 3.000 mg; Niacina – 8.760 mg; Ác. Fólico - 175 mg; Biotina - 17,5 mg; Colina – 75 mg; BHT – 1.000 mg; Zinco – 12,0 g; Ferro – 12,5 g; Manganês – 14,5 g; Cobre – 1.000 mg; Iodo - 250 mg; Cobalto – 50 mg; Selênio – 62,5 mg; Veículo q.s.p. 1.000 g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno).

As aves foram sangradas por 2 minutos em cone adaptado ao abate de codornas e escaldadas por 20 a 40 segundos a uma temperatura de 53 a 55°C. A depena foi manual e as aves foram evisceradas por meio de corte abdominal. Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada, sem os pés e cabeça, em relação ao peso vivo, o qual foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento de cortes, foi considerado o rendimento de peito e pernas (coxa e sobrecoxa) com pele e osso, sendo calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Para avaliação dos parâmetros ósseos, ao final do experimento (35 dias de idade) foram sacrificadas 2 aves por unidade experimental por decapitação entre os ossos occipital e atlas, realizando a coleta do fêmur e tibia esquerda para análise de densitometria e índice de Seedor e fêmur e tibia direita para análise de resistência ósea.

Após a coleta os ossos, foram congelados (-18° C) até o início das análises dos parâmetros ósseos. Após o descongelamento dos ossos, foram retirados os tecidos envolventes (tecido muscular aderido) com o auxílio de tesouras e pinças.

Para determinação do índice de Seedor (Seedor et al. 1996), o fêmur e a tibia foram pesados em balança de precisão e medido o comprimento com auxílio de um paquímetro digital.

Índice de Seedor = peso dos ossos (mg) / comprimento (mm).

Os ossos foram mergulhados em éter de petróleo por um período de 24 horas para serem desengordurados e então secos em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas.

A determinação da densidade óptica radiográfica foi realizada na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá.

Em uma primeira etapa, as peças ósseas foram colocadas sob o filme (marca Kodak Intraoral E-Speed Film, size 2, tipo periapical), todas na mesma posição, e então radiografadas, utilizando-se um aparelho de raios-x odontológico DabiAtlante[®], modelo Spectro 70X eletrônico (DabiAtlante, Ribeirão Preto, Brasil), operando a 70 kVp, 8 mA, utilizando o tempo de exposição de 0,2 segundos, determinado por um teste piloto prévio, contendo um *stepwedge*, com o feixe de raios X incidindo perpendicularmente em relação ao filme à distância foco-filme de 10 cm.

Após a obtenção das radiografias, o processamento das películas radiográficas foi realizado por meio de uma processadora automática Revel Indústria e Comércio de

equipamentos Ltda., com tempo de trabalho de 150 segundos, operando com soluções da Kodak RP X-Omat.

Em uma segunda etapa, as radiografias foram digitalizadas ao programa Image Tool[®] (versão 3.0, University of Texas Health Science Center at San Antonio, UTHSCSA, EUA, <ftp://maxrad6.uthscsa.edu/>) e gravadas em arquivos com extensão JPG progressivo.

A terceira etapa consistiu na leitura das radiografias para a determinação da densidade das peças ósseas. Para isto foi utilizado o software “Adobe Photoshop CS6”, o qual possui uma ferramenta (“Histograma”), que analisa a densidade radiográfica da área selecionada, a qual se encontra distribuída em uma escala de cores, mais especificamente o cinza, que possui 256 tons, onde o valor 0 (zero) representa o preto e o valor 256 representa o branco. Foram selecionados 3 pontos centrais do osso com tamanho fixo (10 px x 10 px) e destes foram obtidos a média. Foi estudada a área central, por ser a mesma área que no ensaio de resistência recebeu a aplicação da força necessária à quebra.

Como referencial radiográfico, utilizou-se uma escala de alumínio de 10 degraus com 1 mm de espessura entre um degrau e outro. Os dados obtidos em valores de cinza foram convertidos em valores relativos à espessura da escala de alumínio, sendo todos comparados ao 3º degrau desta escala.

As análises de resistência foram realizadas em uma Prensa para Ensaio de Resistência à compressão não confinada em corpos de prova de solos coesivos e os valores expressos em quilograma força (kgf). As peças ósseas foram posicionadas em apoio da região das epífises, ficando as mesmas sem apoio na região central. A posição escolhida foi a antero-posterior para evitar que ossos se desloquem no momento da quebra. A força foi aplicada na região central, sempre no mesmo ponto em todos os ossos e a velocidade de descida da sonda por aplicação da força foi a mesma (5 mm/s) para todos os ossos, sendo mensurada a força aplicada no momento anterior à ruptura do osso. A carga utilizada foi de 500 N (Newton) para todas as amostras.

Após o ensaio para a determinação da resistência óssea, os fêmures esquerdos foram triturados e secos em estufa de ventilação forçada, pesados em balança analítica (0,0001g), secos em estufa a 105°C por 12 horas, para a determinação do teor de cálcio e fósforo dos ossos.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa Sistema para Análises Estatísticas – SAEG (1997), da Universidade Federal de Viçosa de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = b_0 + b_1C_i + b_2V_j + b_3C_i^2 + b_4V_j^2 + b_5CV_{ij} + FA + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Valor observado das variáveis estudadas relativo a unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível de cálcio e o nível de vitamina D;

C_i = nível de cálcio, C1 = 0,42; C2 = 0,58; C3 = 0,74 e C4 = 0,90 %;

V_j = nível de vitamina D, V1 = 1000; V2 = 2000; V3 = 3000 e V4 = 4000 UI;

b_0 = constante geral;

b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de cálcio;

b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de vitamina D;

b_3 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de cálcio;

b_4 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de vitamina D;

b_5 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de cálcio e vitamina D;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

Primeiramente, buscou-se estimar as exigências de cálcio e vitamina D pelo modelo quadrático e/ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

Os resultados foram obtidos por meio da análise de superfície resposta, sendo esta uma coleção de técnicas matemáticas e estatísticas usadas para análise de problemas sobre a influência de cada variável independente sobre as variáveis dependentes de resposta, tendo como objetivo, otimizar as respostas (Montgomery, 1976).

4.3. Resultados e Discussões

Não houve interação ($P>0,05$) para as variáveis consumo de ração (CR) e biomassa corporal acumulada (BCA), em função dos níveis de cálcio (Ca) e vitamina D (Vit. D), quando analisado o período de 15 a 35 dias. Os níveis de vitamina D proporcionaram um aumento linear no CR e os níveis de cálcio aumentaram linearmente a BCA (Tabela 2).

Segundo Meyer et al. (1970), a ingestão de cálcio aumenta vagarosamente antes da primeira oviposição, e isto, provavelmente, é uma resposta ao alto requerimento em cálcio para o desenvolvimento do osso medular, já que esta começaria a ser formada em resposta aos hormônios sexuais.

A literatura indica que a maturidade sexual de codornas ocorre entre 35 e 42 dias, porém, Martins et al. (2011) afirmam que aos 29 dias de idade começam a aparecer os primeiros folículos e, aos 33 dias de idade, encontraram índices de 80 % de presença de folículos pré-ovulatórios.

Estes resultados podem explicar o aumento linear nos requerimentos de cálcio e vitamina D nesta fase estudada. Como sugerido por Keshavarz (1987), uma alternativa para contornar a demanda de cálcio para a formação da medula e aumentar a reserva óssea de cálcio, seria elevar o nível de cálcio no período pré-postura, pois baixos níveis de cálcio promoveriam redução da ação do hormônio folículo estimulante (Taher et al., 1984) e, conseqüentemente, da produção de ovos.

Para Vargas Jr. et al. (2004), rações com altos teores de cálcio proporcionam maior quantidade de cálcio disponível no trato digestório, conseqüentemente, a ave tem cálcio suficiente para manter o padrão normal de crescimento e a reserva óssea de cálcio, de modo que esta reserva possa ser utilizada no período de postura, quando a demanda de cálcio é alta.

Leeson et al. (1986), trabalhando com aves na fase de pré-postura, alimentadas com baixo teor de cálcio na ração, observaram que as aves tiveram sua produção de ovos prejudicada, quando o período de alimentação com dietas deficientes na fase de crescimento foi longo, no entanto, esta redução da produção voltou ao normal no momento em que a reserva óssea de cálcio foi restabelecida.

Tabela 2. Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.

Cálcio	0,42				0.58				0.74				0.90				CV%
Vit. D	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	
CR (g/ave)	454,67	453,77	490,15	507,16	498,12	468,57	476,99	476,65	454,36	482,22	483,66	493,93	474,45	470,10	481,63	480,75	3,49
PC (g)	214,85	214,42	221,49	220,55	220,53	222,94	217,97	221,07	220,25	218,54	223,55	222,49	224,03	224,70	229,71	227,02	1,79
GP (g)	131,75	127,14	136,60	135,43	136,28	139,56	133,95	137,14	136,08	133,99	139,20	137,96	139,85	141,15	144,45	142,45	2,81
BCA (%)	158,53	152,01	160,90	159,12	161,70	167,38	159,47	163,41	161,65	158,47	165,03	163,24	166,14	168,93	169,43	168,45	2,62
CA (g/g)	3,37	3,57	3,59	3,59	3,41	3,36	3,56	3,48	3,34	3,60	3,47	3,58	3,39	3,33	3,34	3,38	3,48
Equação de Regressão									R ²	Estimativa				Efeito			
										Cálcio (Ca)		Vit. D (Vd)		Cálcio (Ca)		Vit. D (Vd)	
PC = 208,189 + 15,9456 CA + 0,00114077 VD									0,90	--	--		Linear		Linear		
GP = 123,129 + 17,3760 CA + 0,000985950 VD									0,90	--	--		Linear		Linear		
CA = 3,54514 - 0,286185 CA + 0,0000415979 VD									0,86	--	--		Linear		Linear		
CR = 447,196 + 0,0110283 VD									0,98	--	--		--		Linear		
BCA = 149,995 + 19,3117 CA									0,84	--	--		Linear		--		

Coefficiente de variação (CV); Consumo de ração (CR); Peso corporal (PC); Ganho de peso (GP); Biomassa corporal acumulada (BCA); conversão alimentar (CA).

Outro fator que pode estar relacionado ao aumento linear nos requerimento de vitamina D, referente ao seu papel de imunomoduladora, pode ser explicado por Klasing (1998), quando afirma que o sistema imunológico tem uma prioridade maior para a circulação dos nutrientes e é capaz de competir favoravelmente com outros tecidos, dependendo dos níveis nutricionais e dos ingredientes da ração.

O fósforo nos ossos (PO), a resistência óssea da tíbia (ROT) e a densidade óptica (DO) não apresentaram respostas ($P>0,05$) em relação aos níveis de cálcio e vitamina D da dieta (Tabela 3).

O cálcio nos ossos (CO) e as cinzas nos ossos (CZO) não apresentaram efeito ($P>0,05$) em função dos níveis de cálcio, mas responderam de forma quadrática ($P<0,05$) em função dos níveis de vitamina D da dieta, de acordo com as equações $CO = 14,4928 + 0,000915681 VD - 0,000000168844 VD^2$ ($R^2 = 0,94$) e $CZO = 47,8959 + 0,00402171 VD - 0,000000744829 VD^2$ ($R^2 = 0,87$), estimando níveis de 2.712 UI e 2.700 UI de vitamina D, respectivamente.

Os níveis de cálcio sanguíneo aumentaram linearmente ($P<0,05$) com o aumento dos níveis de cálcio na ração e mostraram resposta quadrática ($P<0,05$) com o aumento dos níveis de vitamina D, de acordo com a equação $CSangue = 5,86509 - 6,77668 CA + 0,00457851 VD - 0,000000976975 VD^2$ ($R^2 = 0,91$), estimando em 2.343 UI de vitamina D (Tabela 3).

Silva et al. (2009), ao avaliarem variáveis ósseas, encontraram efeito apenas sobre o teor de cálcio nos ossos com relação ao aumento dos níveis de cálcio.

Keshavarz (1987) verificaram maiores teores de cinza e de cálcio ósseo quando as aves foram alimentadas com maiores níveis de cálcio dietético, sem que houvesse aumento do consumo de ração. No entanto, Keshavarz & Nakajima (1993) não observaram diferenças nas cinzas e no cálcio ósseo.

Tabela 3. Valores médios de parâmetros ósseos e sanguíneo de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.

Cálcio Vit. D	0,42				0,58				0,74				0,90				CV%
	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	
CO (%)	15,51	15,35	15,91	14,77	14,58	15,58	15,46	15,65	14,75	16,03	15,85	15,33	15,20	15,90	15,44	16,15	4,10
PO (%)	10,72	10,18	11,19	9,37	9,77	9,18	10,09	10,15	11,25	10,50	10,59	9,16	9,98	11,17	10,44	10,25	9,70
CZO (%)	50,21	53,27	53,34	50,43	51,51	51,88	54,73	52,38	51,29	51,67	52,86	50,92	52,30	53,44	53,83	53,58	3,38
ROF (kgf)	6,61	6,17	7,27	6,44	6,70	7,00	5,75	6,55	7,77	6,79	6,88	7,57	6,67	6,76	7,77	7,51	11,54
ROT (kgf)	8,22	8,31	8,58	7,74	7,72	7,72	6,38	7,57	9,14	7,69	7,48	9,29	7,95	7,45	8,99	8,88	14,20
ISF (mg/mm)	12,20	12,60	12,30	13,79	14,01	13,19	13,22	12,48	14,20	13,11	12,93	13,52	13,91	13,27	13,19	13,21	6,79
IST (mg/mm)	11,46	12,29	12,41	12,87	13,46	12,27	12,62	11,49	13,75	12,44	12,68	13,05	14,00	12,95	12,91	13,01	7,16
DO (mm Eq/Al)	1,82	2,06	1,87	1,80	1,89	1,88	1,95	1,87	1,97	2,00	1,91	1,86	1,86	1,86	2,18	2,03	13,62
CSangue (%)	6,87	6,78	12,05	2,75	4,35	13,6	6,32	3,28	3,98	4,55	3,52	4,88	4,65	4,42	2,40	6,20	40,10
Equação de Regressão									R ²	Estimativa				Efeito			
										Cálcio (CA)	Vit. D (VD)	Cálcio (CA)		Vit. D (VD)			
CO = 14,4928 + 0,000915681 VD - 0,000000168844 VD ²									0,94	--	2712	--	Quadrático				
CZO = 47,8959 + 0,00402171 VD - 0,000000744829 VD ²									0,87	--	2700	--	Quadrático				
ISF = 13,6497 + 1,39305 CA - 0,00120539 VD + 0,000000218674 VD ²									1,00	--	2756	Linear	Quadrático				
IST = 11,3246 + 2,12773 CA									0,97	--	--	Linear	--				
ROF = 5,88928 + 1,51539 CA									0,67	--	--	Linear	--				
CSangue = 5,86509 - 6,77668CA + 0,00457851VD - 0,000000976975VD ²									0,91	--	2343	Linear	Quadrático				

Coefficiente de variação (CV); Cálcio nos ossos (CO); Fósforo nos ossos (PO); Cinzas nos ossos (CZO); Resistência óssea do fêmur (ROF); Resistência óssea da tíbia (ROT); Índice de Seedor do fêmur (ISF); Índice de Seedor da tíbia (IST); Densidade óptica (DO); Cálcio no sangue (CSangue).

Os níveis de cálcio e cinzas nos ossos, não foram afetados pelo aumento dos níveis de cálcio e vitamina D, possivelmente por estarem sendo mobilizados para manter os níveis de cálcio sanguíneo que foram crescentes, uma vez que os ossos são tecidos metabolicamente ativos.

No mesmo trabalho de Driver et al. (2005), citado anteriormente, foi encontrado maior % de cinzas na tíbia ao nível de 0,625% de Ca, pois os frangos utilizados nesta pesquisa foram alimentados com uma dieta inicial de 0 a 19 dias que continha Ca e suficientes para otimizar a cinza do osso. Se a dieta inicial apresentasse menos Ca, a quantidade de Ca necessária para se obter a cinza óssea ótima nesta fase certamente teria sido maior (Nelson et al., 1990).

O índice de Seedor do fêmur (ISF) aumentou linearmente ($P < 0,05$) em função dos níveis de cálcio e teve resposta quadrática ($P < 0,05$) em função dos níveis de vitamina D, de acordo com a equação $ISF = 13,6497 + 1,39305 CA - 0,00120539 VD + 0,000000218674 VD^2$ ($R^2 = 1,00$), estimando o nível de 2.756 UI de vitamina D. O índice de Seedor da tíbia (IST) e a resistência óssea do fêmur (ROF) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de cálcio na dieta, de acordo com as equações $IST = 11,3246 + 2,12773 CA$ ($R^2 = 0,97$) e $ROF = 5,88928 + 1,51539 CA$ ($R^2 = 0,67$).

Este aumento linear no índice de Seedor e na resistência óssea, mostra que os níveis de cálcio testados proporcionaram um aumento linear no diâmetro, comprimento, peso e preenchimento da matriz inorgânica do osso, pois são as medidas que exercem influência sobre essas variáveis.

Contrariando os resultados deste trabalho, alguns autores afirmam que a redução dos níveis dietéticos de cálcio favorecem maior eficiência na absorção deste mineral (Driver et al., 2005; Alves et al., 2002; Bertechini, 2006), como resultado da regulação das concentrações da 1,25-dihidroxicolecalciferol no plasma e intestino (Morrissey & Wasserman, 1971; Montecuccolli et al, 1977), com um consequente aumento na concentração da calbindina duodenal, uma proteína que reveste o intestino e se liga ao Ca a partir do lúmen (Hunziker et al., 1982) aumentando a sua absorção.

Bar e Hurwitz (1981) em um estudo da relação do metabolismo do colecalciferol com o crescimento, afirmam que variáveis genética, dietéticas, idade, além de vários hormônios, incluindo o hormônio do crescimento, implicam no controle da atividade da 1-hidroxilase na formação da 1,25-dihidroxicolecalciferol e que a atividade desta

enzima é consideravelmente mais elevada em situações de deficiência de vitamina D. Além da diminuição da absorção de cálcio com a idade, poder ser explicada com base na taxa reduzida de formação da $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$.

Concordando com a citação acima, pode-se perceber com os resultados deste trabalho, que com o passar da idade, a capacidade de absorção de cálcio e vitamina D foi extremamente reduzida. Porém, devido a isso, foram necessários maiores níveis de suplementação para que satisfizessem as exigências das codornas nesta fase, onde o desenvolvimento de folículos pré-ovulatórios já estariam sendo formados.

A utilização das reservas de cálcio dos ossos medulares para a formação dos ovos pelas aves resulta em uma perda súbita de 2 g de cálcio corporal, sendo, portanto, necessária uma reserva de cálcio nos ossos antes do período de produção. Para isso, devem ser fornecidos níveis significativos de cálcio nas dietas de pré-postura (Lesson & Summers, 2005).

Quando se trata de suplementação de cálcio e vitamina D para codornas de corte na fase de crescimento, pode-se perceber que não é ideal que se façam analogias à fisiologia de frangos de corte com relação a idade, pois as codornas iniciam a fase de produção de ovos logo em seguida a fase de crescimento.

Os níveis de suplementação de cálcio e vitamina D não exerceram efeito ($P > 0,05$) sobre o rendimento de carcaça e de cortes. Mas, da mesma forma que agiram sobre o ganho de peso e peso corporal (Tabela 2), aumentaram linearmente ($P < 0,05$) o peso vivo (PV), peso da carcaça (PCarc), peso do peito (PPeito) e peso da perna (PPerna) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de rendimento de carcaça e peso dos cortes de codornas de corte com 35 dias de idade em função dos níveis de Cálcio e Vitamina D.

Cálcio	0,42				0,58				0,74				0,90				CV%
Vit. D	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000	2.000	3.000	4.000	
PVivo (g)	218,00	208,67	216,33	219,67	221,33	216,00	225,33	220,33	212,33	212,00	228,00	224,33	228,67	225,33	225,00	232,67	3,47
PCarc (g)	134,32	127,68	132,83	140,52	138,78	137,28	141,86	134,38	132,83	132,78	144,96	141,40	142,60	140,92	143,11	144,19	3,63
RC (%)	61,57	61,30	61,42	64,00	62,70	63,62	62,92	60,96	62,55	62,62	63,56	63,14	62,43	62,57	63,61	61,94	3,07
PPeito (g)	56,29	55,81	57,53	60,90	59,91	60,09	61,53	60,06	57,69	58,21	62,63	61,84	63,15	60,48	60,59	64,05	5,63
RPeito (%)	25,82	26,81	26,63	27,76	27,06	27,79	27,31	27,29	27,16	27,45	27,48	27,60	27,51	26,84	26,92	27,51	4,96
PPerna (g)	33,78	31,33	33,41	35,21	33,68	33,07	34,13	33,27	32,17	32,62	34,97	34,36	34,15	34,64	35,22	35,04	4,01
RPerna (%)	15,48	15,04	15,44	16,03	15,22	15,34	15,14	15,09	15,15	15,39	15,32	15,37	14,99	15,40	15,66	15,06	3,82
Equação de Regressão									R ²	Estimativa				Efeito			
										Cálcio (CA)		Vit. D (VD)		Cálcio (CA)		Vit. D (VD)	
PVivo = 201,202 + 21,9792 CA + 0,00206667 VD									0,78	--		--		Linear		Linear	
PCarc = 123,461 + 16,5786 CA + 0,00149967 VD									0,89	--		--		Linear		Linear	
PPeito = 52,3631 + 8,12943 CA + 0,000927708 VD									0,84	--		--		Linear		Linear	
PPerna = 31,0242 + 2,48828 CA + 0,000459208 VD									0,66	--		--		Linear		Linear	

Coefficiente de variação (CV); Peso vivo (PVivo); Peso da carcaça (PCarc); Rendimento de carcaça (RC); Peso do peito (PPeito); Rendimento do peito (RPeito); Peso da perna (PPerna); Rendimento da perna (RPerna).

4.4. Conclusão

O nível de suplementação de cálcio e vitamina D para codornas de corte na fase de 15 a 35 dias para máximo crescimento e desempenho é maior ou igual a 0,90% de cálcio e maior ou igual a 4.000 UI de vitamina D, possivelmente por ser uma fase pré-postura onde a exigência desses nutrientes é maior.

4.5. Literatura citada

ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 268p.

ALVES, E. L.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, A. I. G. Efeito dos níveis de cálcio em duas fontes sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1305-1312, 2002.

BAR, A.; HURWITZ, S. Relationships between Cholecalciferol Metabolism and Growth in Chicks as Modified by Age, Breed and Diet. **Journal Nutrition**, v. 11, p. 399-404, 1981.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p.

BETERCHINI A.; G. [2009]. **Como estão as codornas?** Avicultura Industrial. Disponível em: <<http://www.aviculturaindustrial.com.br/portalgelissulli/noticias.htm>> Acessado em: 21/01/2013.

DRIVER, J. P.; PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I.; EDWARDS JR., H. M. Calcium requirements of the modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age. **Poultry Science**, v.84, n. 10, p.1629-1639, 2005.

HUNZIKER W.; WALTERS, M. R.; BISHOP, J. E.; NORMAN, A. W. Effect of vitamin D status on the equilibrium between occupied and unoccupied 1,25-dihydroxyvitamin D intestinal receptors in the chick. **Journal of Clinical Investigation**, v. 69, n. 4, p.826–834, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. [2011]. Disponível em <

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2241&id_pagina=1> Acesso em: 15/01/2013

KESHAVARZ, K. Influence of feeding a high calcium diet for various durations in prelaying period on growth and subsequent performance off white leghorn pullets. **Poultry Science**, v.66, n.10, p.1576-1582, 1987.

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

KLASING, K. C. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, v.77, n.8, p. 1119–1125, 1998.

LEESON, S.; JULIAN, R.J.; SUMMERS, J.D. Influence of prelay and early-lay dietary calcium concentration on performance and bone integrity of leghorn pullets. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, n.4, p.1087-1095, 1986.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 3th ed. Guelf, Ontario: University of Guelf. Department of Animal & Poultry Science, 2005, 398p.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. 375p.

MARKS, J. A. **A Guide to the Vitamins: Their role in Health and Disease** MTP, Medical and Tech. Publishing Co. Ltd. England. 1979.

MARTINS, V.; RIZZOTTO, D. W.; BIANCHETTO, M. M.; BORILLE, R.; JÁCOME, I. M. T. D. Avaliação do crescimento do aparelho reprodutivo de codornas mantidas sob fotoperíodo constante. In: XXII Latin American Poultry Congress 2011. Disponível em: < <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/avaliacao-crescimento-aparelho-reprodutivo-t531/124-p0.htm>> Acesso em: 22/02/2013

McDOWELL, R. L. **Vitamins in animal nutrition**. 1st edition, **Academic Press**, San Diego, 1989. 486p.

meyer citado por: ->>>> CLASSEN, H. L.; SCOTT, T. A. Self-selection of calcium during the rearing and early laying periods of White Leghorn pullets. **Poultry Science**, v.61, n.10, p.2065-2074, 1982.

MONTECUCCOLI, G.; HURWITZ, S.; COHEN, A. et al. The role of 25-hydroxycholecalciferol-1-hydroxylase in the responses of calcium absorption to the reproductive activity in birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v.57, p.335-339, 1977.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 2. Ed. New York: USA. 1976, 538p.

MORAES, V. M. B.; ARIKI, J. Importância da nutrição na criação de codornas de qualidades nutricionais do ovo e carne de codorna. Universidade estadual paulista, Jaboticabal-SP, p.97-103, 2009. Disponível em < [www.biologico.sp.gov.br/rifibi/IIIrifibi/ 97-103.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/rifibi/IIIrifibi/97-103.pdf) >. Acesso em 20/02/2013.

MORRISSEY, R.L.; WASSERMAN, R.H. Calcium absorption and calcium-binding protein in chicks on differing calcium and phosphorus intakes. **American Journal of Physiology**, v.220, p.1509-1515, 1971.

NELSON, T.S.; HARRIS, G.C.; KIRBY, L.K. et al. Effect of calcium and phosphorus on the incidence of leg abnormalities in growing broilers. **Poultry Science**, v.69, n.10, p.1496-1502, 1990.

OLIVEIRA, E.G.; ALMEIDA, M.I.M. Algumas informações sobre nutrição de codornas de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL E CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2 e 1., 2004, Lavras. **Palestras...** Lavras: Universidade Federal de Lavras/NECTA, [2004]. p.53-66.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ, 2000, 477p.

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

SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; D'AGOSTINI, P. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p.157-168, 2004.

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

SANTOS, L. M.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINO, A. G.; FIALHO, E. T.; GOMIDE, E. M.; NAVES, L. P. Níveis de cálcio e fósforo disponível em rações com fitase para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2476-2485, 2011.

SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; SILVA, H.O. Efeito dos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase sobre a absorção de minerais em frangos de corte de 22 a 42 dias. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.3, n.1, p.31-37, 2002.

SEEDOR, T.; WATANABE, E.; KADOWAKI, W. Effect of dietary and arginine levels on bone development in broiler chicks. **Animal Science and Technology**, v.67, n.1, p.7-13, 1996.

SILVA, R. M. Exigência nutricional de cálcio e de fósforo de codornas de corte (*Coturnix coturnix* sp) em crescimento. Dissertação (Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá/ PR, 67p, 2008.

SILVA, R. M.; FURLAN, A. C.; TON, A. P. S.; MARTINS, E. N.; SCHERER, C.; MURAKAMI, A. E. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1509-1517, 2009.

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

TAHER, A.I.; GLEAVES, E.W.; BECK, M. Special calcium appetite in laying hens. **Poultry Science**, v.63, n.11, p.2261-2267, 1984.

UNDERWOOD E.D.; SUTTLE N.F. Calcium. In : UNDERWOOD E.D., SUTTLE N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Washington : CAB international, 1999, 67-104.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 5.0. Viçosa, MG: 1997. 150p. (Manual do usuário).

VARGAS JR., J. G.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; CARVALHO, D. C. O.; CUPERTINO, E. S.; TOLEDO, R. S.; PINTO, R. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 13 a 20 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1263-1273, 2004.

VELINI, E.D.; PALMA, V.; SOUZA, L.S.; MARTINS, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I – Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.435-442, 2006.