

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**BALANÇO ELETROLÍTICO E SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA  
“D” EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

**JEANE L. DOS SANTOS DANTAS**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
AGOSTO – 2014**

**BALANÇO ELETROLÍTICO E SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA  
“D” EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

**AUTOR: JEANE L. DOS SANTOS DANTAS**

**Zootecnista**

**Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.**

**Dissertação submetida ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciência Animal.**

**Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito**

**Co – Orientador: Prof. Dr. Ricardo Duarte Abreu**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**AGOSTO – 2014**

## FICHA CATALOGRÁFICA

D192b

Dantas, Jeane Lucardia dos Santos.

Balanço eletrolítico e suplementação de vitamina D em rações para frangos de corte / Jeane Lucardia dos Santos Dantas. \_ Cruz das Almas, BA, 2014.

72f.; il.

Orientador: Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito.

Coorientador: Ricardo Duarte Abreu.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Frango de corte – Alimentos. 2.Frango de corte – Nutrição animal. 3.Alimentação e rações – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 636.513

“Leve na sua memória para o resto de sua vida, as coisas boas que surgiram no meio das dificuldades. Elas serão uma prova de sua capacidade em vencer as provas e lhe darão confiança na presença divina, que nos auxilia em qualquer situação, em qualquer tempo, diante de qualquer obstáculo.”

**Chico Xavier**

**À Deus, pelo dom da vida e iluminar sempre os meus caminhos,**

**Aos meus pais, Valter e Joseane, pelo amor, carinho e confiança depositados em mim.**

**Aos meus tios, Maria José (*in memoriam*), Maria e Raimundo Santos pelo apoio e incentivo.**

**DEDICO**

**Aos meus irmãos, James e Inah, pelo carinho e apoio,**

**À família NEAR, por fazer parte da minha vida,**

**Ao meu namorado, por está sempre ao meu lado.**

**OFEREÇO**

#### **AGRADECIMENTOS**

À **Universidade Federal do Recôncavo da Bahia** e ao programa de **Pós-Graduação em Ciência Animal** pela atenção, oportunidade e pelo ensino de qualidade.

À **Fundação de Amparo a Pesquisa Estada da Bahia FAPESB** pelos recursos disponibilizados no projeto para realização da pesquisa.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa.

À **Química Geral do Nordeste LTDA (CARBONAR)**, pela colaboração com fornecimento do suplemento eletrolítico BaLeq Nak para realização do experimento.

À **DSM** Produtos Nutricionais, pelo fornecimento dos Premix vitamínicos e mineral para a realização deste trabalho.

À **NUTRIFEIRA**, pelo fornecimento de aminoácidos, fosfato etc, para a realização deste trabalho.

Ao professor e orientador **Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito** pelas oportunidades, ensinamentos e, principalmente, pela orientação durante todo esse período.

Ao meu co-orientador, **Dr. Ricardo Duarte Abreu**, por todos os ensinamentos, sugestões e constante apoio na realização do trabalho.

Aos professores **Dra. Camila Meneghetti e Dr. Alexandre Moraes Pinheiro** por fazerem parte da banca examinadora e contribuírem para o enriquecimento deste trabalho.

Aos professores **Fabiana Lana, Adriana Regina Bagaldo e Alexandre Pinheiro** pela valiosa colaboração.

Aos integrantes do **Núcleo de estudos em Avicultura do Recôncavo (NEAR)** mestrandos, bolsistas e estagiários Adriana, Debora, Jamile, Jaqueline, Júlia, Laíza, Lennon, Naiara, Rafael, Silvan, Zilda, pela grande ajuda nos trabalhos desenvolvidos ao longo do período.

Ao meu noivo **Rafael Augusto Cruz Sales** por fazer parte da minha vida.

À amiga **Mariilice**, pela amizade e confiança depositados em mim.

À **Rejane Barbosa** secretária do programa de Pós Graduação pela atenção e simpatia.

Aos amigos **da Assessoria Técnica de Experimentação Animal (ATEA), Setor de Bovinos e Aviário** pela amizade e serviços prestados

**Meus Sinceros Agradecimentos**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Balanço Eletrolítico.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Metabolismo e funções da vitamina D em frangos de corte.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Vitamina D e desenvolvimento ósseo e metabolismo de cálcio e fósforo.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos na alimentação das aves.....</b>	<b>17</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Época de realização do experimento.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Aves, instalações e equipamentos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Delineamento e tratamentos experimentais.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Rações e manejo experimental.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Análises laboratoriais .....</b>	<b>29</b>
<b>3.6 Análise estatística.....</b>	<b>30</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Desempenho.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.1 Desempenho na fase inicial 1 a 21 dias.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.2 Desempenho na fase de engorda e período integral 1 a 41 dias... </b>	<b>35</b>
<b>4.2 Características de carcaça e cama de frango.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Características ósseas e níveis plasmáticos de cálcio e fósforo.....</b>	<b>40</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>



## LISTA DE ABREVIATURAS

**A:** Abate

**BEL:** Balanço eletrolítico

**BEexc:** Bases excretadas

**Ca:** Cálcio

**CA:** Conversão alimentar

**Cl:** Cloro

**CR:** Consumo de ração

**CV:** Coeficiente de variação

**E:** Engorda

**GP:** Ganho de peso

**I:** inicial

**IS:** Índice de Seedor

**K:** Potássio

**mEq:** miliequivalente

**MS:** Matéria seca

**MM:** Matéria mineral

**Na:** Sódio

**NaHCO<sub>3</sub>:** Bicarbonato de sódio

**KCl:** Cloreto de potássio

**P:** fosforo

**P/I:** Pré inicial

**PSVD:** Programas de suplementação de vitamina D

**RC:** Rendimento de carcaça

**RCS:** Rendimento de coxa e sobrecoxa

**UR:** Umidade relativa do ar

**VC:** Viabilidade de criação

## LISTA DE TABELA

Figura 1: Diagrama do metabolismo da vitamina D no organismo Adaptado de Champe e Harvey.....	13
Tabela 1. Descrição detalhada das combinações resultantes de acordo com cada fase de criação.....	25
Tabela 2. Teores de Matéria Mineral (g/100g - %), sódio (g/100g - %) , potássio (g/100g - %) e cloro (g/100g - %) nos ingredientes Balek NaK (bicarbonato de sódio e cloreto de potássio), farelo de Soja e milho (analisados).....	26
Tabela 3. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais.....	26
Tabela 4. Médias de temperatura C e umidade relativa UR no interior do galpão, a cada semana experimental.....	27
Tabela 5. Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanço eletrolítico, associados com programa de suplementação de vitamina D, na fase de 1-10 dias.....	32
Tabela 6. Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programa de suplementação de vitamina D, na fase de 1-21 dias.....	33
Tabela 7. Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programa de suplementação de vitamina D, na fase de 1-35 dias.....	35
Tabela 8. Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programa de suplementação de vitamina D, na fase de 1- 41 dias.....	36
Tabela 9. Viabilidade de desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanço eletrolítico, associados com programa de suplementação de vitamina D, na fase de 1-42 dias.....	37
Tabela 10. Avaliação de características de carcaça (rendimento de carcaça – RC; rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa - RCS) de frangos de corte aos 42 dias e Matéria Seca da Cama, submetido a rações contendo dois programas de balanço eletrolítico e quatro níveis/fontes de suplementação de vitamina D.....	38
Tabela 11. Avaliação de cinzas, peso das cinzas na tíbia e concentração de cálcio e fósforo no Plasma das aves, submetidos a dois níveis de	

balanço eletrolítico e quatro níveis/programa de suplementação de  
vitamina D.....41

Tabela 12. Análise Peso do osso g, comprimento da tíbia e índice de Seedor  
mg/mm de frangos de corte, submetidos a dois níveis de balanço  
eletrolítico e quatro níveis/ programa de suplementação de vitamina  
D.....44

## BALANÇO ELETROLÍTICO E SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA “D” EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

**Autor:** Jeane Lucardia dos Santos Dantas

**Orientador:** Prof. Dr. Jerônimo Ávito G. de Brito

**Resumo:** O experimento foi conduzido objetivando-se avaliar possíveis relações entre a suplementação de diferentes fontes de vitamina D e diferentes programas de balanço eletrolítico dietético em função da sua importância na formação óssea e sobre o desempenho de frangos de corte. Utilizou-se 1.440 pintos de um dia, machos, da linhagem Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, sendo alojados em galpão convencional de criação, em boxes contendo cama com maravalha sobre piso. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com oito tratamentos e seis repetições e trinta aves por unidade experimental. Os fatores em estudo foram dois programas de balanço eletrolítico (*Normal* – 220/210/200/185 mEq/kg e *Alto* – 290/280/270/255 mEq/kg) nas rações, de acordo com a fase de criação (pré-inicial, inicial, engorda e abate) e quatro programas/fontes de suplementação adicional de vitamina D (1- sem suplementação “basal” de vitamina D (sem suplementação adicional), 2- “basal” +2800 UI/kg ração de vitamina D<sub>3</sub>, 3- “basal” ± 2800 UI/kg ração de 25-OHD<sub>3</sub> e 4- “basal” + 80 UI/kg de ração de 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>). De acordo com a fase de criação, a suplementação de vitamina D foi reduzida gradativamente em todos os tratamentos (20% engorda e 50% abate) em relação à suplementação inicial. As rações foram à base de milho e farelo de soja, com suplementação de fitase (1000 FTU/kg de ração) reduzindo-se os níveis de fósforo disponível e cálcio em 0,15 pontos percentuais, sendo o programa de alimentação composto por quatro rações, que correspondam às fases de criação citadas com níveis nutricionais seguindo as recomendações de Bertechini et al. (2012). Avaliou-se o desempenho, características ósseas e de carcaça, a matéria seca da cama, e concentração plasmática do Ca e P. Na fase pré-inicial, houve interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores em estudo para GP, onde o desdobramento indicou que a suplementação adicional em vitamina D<sub>3</sub> associada ao BEL alto proporcionou maior GP das aves em detrimento às aves alimentadas com este mesmo PSVD associado ao BEL normal. Na fase de 1 a 21 dias não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os fatores para as características de desempenho, porém o uso de alto BEL reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) o consumo de ração e o ganho de peso das aves em comparação com os frangos que receberam as rações com BEL normal. Os diferentes PSVD de forma isolada, não influenciaram ( $p > 0,05$ ) as características de desempenho no mesmo período avaliado. Resultados das características de desempenho (CR, GP e CA) da fase acumulada 1-41 dias demonstraram que não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os

fatores em estudo. Aves submetidas ao BEL normal obtiveram ( $p < 0,05$ ) maior consumo de ração e conseqüentemente um maior ganho de peso em comparação às aves suplementadas com o alto BEL dietético neste período. Observou-se interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores em estudo para viabilidade de criação. A viabilidade de criação no período de 1 a 41, quando utilizado o BEL alto demonstrou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da para o grupo de aves onde não houve suplementação adicional de vitamina D. Os resultados de VC BEL normal demonstraram em seus resultados que não foram afetadas ( $p > 0,05$ ) pelas diferentes fontes de suplementação adicional de vitamina D nesse período. A cama proveniente de aves alimentadas com BEL normal aos 28 dias apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) teor de MS em comparação àquela oriunda de aves submetidas ao alto BEL. O balanço eletrolítico influenciou o peso seco desengordurado da tíbia e o índice Seedor aos 21 dias, sendo que as aves submetidas à maior BEL apresentaram menor peso de tíbia e menor índice Seedor. O peso das cinzas na tíbia apresentou efeito significativo em função dos diferentes programas de BEL nas dietas ( $P < 0,05$ ). Seguindo o padrão de peso do osso e índice Seedor, o peso das cinzas das tíbia aos 21 dias foram maiores em aves provenientes de BEL normal em relação aquelas alimentadas com maior e menor dosagens de potássio e cloro (BEL alto), respectivamente. Os resultados do teor de cálcio plasmático apresentou efeito significativo ( $P < 0,05$ ), indicando maior concentração de cálcio plasmático em função do uso de dietas com BEL alto. O fósforo plasmático não foi influenciado pelo balanço eletrolítico tam pouco pela suplementação de vitamina D. Os dados em estudos demonstraram que o programa de BEL normal gerou aves mais pesadas e maior peso de cinzas em tíbias, bem como maior índice Seedor que está associado com densidade óssea.

**Palavras chave:** Nutrição, eletrólitos, colecalciferol, ossos.

## ELECTROLYTE BALANCE AND VITAMIN "D" SUPPLEMENT IN DIETS OF BROILER

**Author: Jeane Lucardia dos Santos Dantas**

**Advisor: Prof. Dr. Jerônimo Ávito G de Brito**

**Abstract:** The experiment was aimed to evaluate possible relationships between supplementation with different vitamin D sources and different and different programs on dietary electrolyte balance due to its importance in bone formation and on broiler performances. 1.440 day-old chicks, males from Cobb-500 strain, from a commercial hatchery was used and housed in conventional breeding sheds, growth in bed with shavings. The adopted system was completely randomized design in a factorial design with eight treatments and six replicates of thirty birds per experimental unit. The studied factors were two levels / electrolyte balance programs (*Normal* - 220/210/200/185 m Eq/kg and *High* - 290/280/270/255 mEq/kg) in feeds, according to their phase (pre-starter, starter, fattening and slaughter) and four programs / additional vitamin D supplementation sources (1- without additional supplementation, 2- 2800 IU / feed kg of D<sub>3</sub> vitamin, 3- 2800 UI/ feed kg diet of 25-OHD<sub>3</sub> and 4- 80 IU / feed kg of 1,25 (OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> from three sources of supplementation. According to the design phase, basal vitamin D supplementation was reduced gradually in all treatments (20% growth and 50% final) in relation to the initial supplementation. The diets were based on corn and soybean meal with phytase supplementation (1000 FTU / kg feed) reducing the levels of phosphorus available and calcium 0.15 percentage, the feeding program consisted on four feedss, which correspond the creation cited stages according to the recommendations from Bertechini et al. (2012). The evaluated data were performance, blood parameters, bone and carcass characteristics, as well as the litter dry matter. The performance of broilers fed a diet with levels of BEL within each RVSP affect the performance characteristics of pullets from (1 to 10) days, so that those that had their diets supplemented with high-BEL (290, 280, 270 and 255 mEq / kg) had higher ( $p < 0.05$ ) GP depending on vitamin D<sub>3</sub> supplementation. In phase (1 to 21) days using high BEL significantly ( $p < 0.05$ ) on feed intake and weight gain of the birds in comparison with chickens that received normal diets BEL. Likewise the different RVSP in isolation did not affect ( $p > 0.05$ ) the performance characteristics evaluated in the same period. The period (1 to 35) days there was no interaction ( $p > 0.05$ ) for the factors to study performance characteristics. However characteristics of GP and CR were significantly influenced ( $p < 0.05$ ) by using different programs BEL. Results showed that birds fed normal BEL had the highest GP also due to a higher CR in the period. Results of CA birds were not affected significantly ( $p > 0.05$ ) by different dietary programs BEL, either, for different PSVD alone. Results of performance characteristics (CR,

GP and CA) of the accumulated phase (1 to 41) days showed no interaction ( $p > 0.05$ ) between the factors studied. Birds subjected to normal BEL obtained ( $p < 0.05$ ) higher feed intake and consequently a greater weight gain compared to the birds supplemented with high dietary BEL in certain period. Interaction was observed ( $p < 0.05$ ) between the factors studied for feasibility of creation. The feasibility of creating a period of (1 to 41) when used the high BEL demonstrated a significant reduction ( $p < 0.05$ ) for the group of birds where no additional vitamin D supplementation. The results of standard VC BEL showed in their results were not affected ( $p > 0.05$ ) by different sources of additional vitamin D supplementation during this period. Birds fed the normal 28 days BEL had higher ( $p < 0.05$ ) MS content of the bed compared to the high BEL. The calcium content in plasma increased ( $P < 0.05$ ) using the high BEL. The electrolyte balance influenced the nonfat dry tibia weight and Seedor index at 21 days, with birds subjected to greater BEL had lower weight and lower tibia Seedor index. And in the statistical analysis of weight and tibia ash showed significant effects for different programs BEL in the diets ( $P < 0.05$ ). Following the standard weight of bone and Seedor index, the ash weight of tibia were higher in birds from BEL normal to those fed higher and lower dosages of potassium and chlorine (high BEL), respectively. The results of the plasma calcium level of significance ( $P < 0.05$ ), indicating increased plasma calcium concentration due to the use of diets with high BEL. The serum phosphorus was not influenced by electrolyte balance so little by supplementation of vitamin D. The data in studies demonstrated that the program generated heavier birds and greater weight of ash into the tibia, as well as higher Seedor index that is associated with bone density.

**Keywords:** Nutrition, electrolytes , cholecalciferol, bones.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado destaque no mercado mundial devido ao grande crescimento da sua avicultura, trazendo bons rendimentos para os produtores avícolas. Esse fato decorre especialmente pelo surgimento de novas tecnologias e avanços nas áreas de genética, saúde nutrição e ambiência. A atividade assegura ao país posição de destaque no cenário mundial, sendo o terceiro maior produtor e líder mundial nas exportações de carne de frango. Em 2014, estima-se produção de carne de frango de 12,7 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China (Associação Brasileira de Proteína Animal, ABPA 2014).

O setor avícola brasileiro emprega mais de 4,5 milhões de pessoas, direta e indiretamente. A Bahia apresenta-se em uma posição de destaque, pois participa com 80.000 mil empregos. (ABPA, 2013). O aumento da produção de grãos no oeste da Bahia permite que o Estado se consolide como um importante produtor de carne de frango. A maior disponibilidade de matéria-prima tem favorecido a expansão das granjas de criação de frango de corte no Estado.

A indústria avícola tem buscado programas nutricionais eficazes, objetivando a redução dos custos e minimizar as perdas no processo produtivo, seja diminuição na mortalidade e/ou desuniformidade do lote. Esses programas alimentares balanceados têm sido adotados, visando o suprimento adequado de nutrientes aos animais.

Entre os diversos nutrientes que compõem uma ração, a vitamina D e o estabelecimento de adequados balanços eletrolíticos, devido a sua importância na fisiologia animal, que apesar de adicionados em pequena quantidade, são de extrema importância na nutrição, e essenciais para manter a saúde e o desenvolvimento das aves.

A vitamina D e/ou seus metabólitos apresenta papel primordial no metabolismo de cálcio e fósforo e é diretamente responsável pelo crescimento



esquelético, que dá suporte às aves para obtenção do máximo desempenho produtivo. De acordo com o órgão Norte Americano que estabelece padrões nutricionais para aves, o National Research Council (1994), propõe níveis de suplementação, que em termos práticos (a campo) estão subestimados quando comparados os níveis praticados pela indústria avícola e produtor<sub>3</sub>.

Atualmente são produzidos pela indústria de produtos animais vários tipos de metabólitos de vitamina D, entre os principais destacam-se: Colecalciferol ou Vit. D<sub>3</sub>, 1 $\alpha$ -hidroxicolecalciferol, 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD<sub>3</sub>) e 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>).

Vários estudos apontam para os efeitos do balanço eletrolítico da dieta sobre o desempenho produtivo, desenvolvimento ósseo e a qualidade da cama das aves. A manutenção deste equilíbrio pode ser uma medida importante para melhorar o desempenho de frangos criados sob altas temperaturas e superar os efeitos danosos da alcalose respiratória decorrente do estresse calórico.

De maneira geral, há uma carência de estudos relacionados ao efeito do uso de diferentes níveis/fontes de balanço eletrolítico e principalmente, pouco se conhece acerca de possível relação com a vitamina D e seus metabólitos, respectivamente em rações de frangos, matrizes e poedeiras avaliando características produtivas e ósseas.

Assim sendo, objetivou-se com o presente estudo, avaliar possíveis relações entre a suplementação de diferentes fontes de vitamina D e diferentes programas de balanço eletrolítico dietético sobre o desempenho, características ósseas de carcaça, níveis plasmáticos de Ca e P em frangos de corte e umidade da cama.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Balanço Eletrolítico

A diferença entre os principais cátions e ânions da dieta é denominada balanço eletrolítico (BEL) e retrata a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, exercendo influência no metabolismo de alguns nutrientes a exemplo das vitaminas, minerais e aminoácidos além de interferir no crescimento, desenvolvimento ósseo, resposta ao estresse térmico e apetite (PATIENCE, 1990).

Autores como OLIVEIRA et al., (2003) relata que diversos fatores são capazes de intervir no BEL corporal valendo destacar os suplementos fornecidos na dieta, ácidos endógenos produzidos e as taxas de remoções renais sendo que as necessidades dos elementos individuais ainda precisam de maiores definições. Adverso a este contexto, está bem entendido os fatores necessários para o alcance do balanço ideal entre o fornecimento de cátions e ânions da dieta sendo demonstrado pelo meio ambiente e a dieta.

Em ambientes de temperatura neutra as aves apresentam bons desempenhos de crescimento e utilização do alimento além da exibição de ótimo equilíbrio eletrolítico. Com a variação da temperatura ambiental poderá haver um desequilíbrio dos eletrólitos, logo o ajuste de temperatura em ambientes quentes pode ser importante para melhorar o desempenho de frangos e superar efeitos danosos da alcalose respiratória decorrente do estresse calórico (BORGES et al., 2004).

Outro fator capaz de proporcionar a prevenção do desequilíbrio eletrolítico é a incorporação de cátions e ânions na dieta (MONGIN, 1981). Entretanto, de

acordo com TEETER, (1997) a disponibilidade dos eletrólitos é influenciada pela regulação homeostática intestinal e renal além da maior absorção de íons monovalentes.

O equilíbrio ácido-básico é alterado pelo BEL, indicado pelo pH e pelas concentrações de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) no sangue; em dietas ricas em ânions, e tendem a causar acidemia. Entretanto, dietas enriquecidas com sódio e potássio podem causar alcalemia (RUIZ-LÓPES E AUSTIC, 1993).

Os eletrólitos compreendem os cátions: sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e os ânions: cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) estando definidos segundo BORGES, (2003), como uma substância química, que se dissocia nos seus constituintes iônico, tendo como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido base corporal influenciando como afirmado por JUDICE et al., (2002) o desempenho, o metabolismo do cálcio e a utilização do fósforo além de relatado por VIEITES et al., (2005) aumento de umidade nas excretas das aves. Os sais mais usados como fornecedores de eletrólitos são cloretos, sulfatos, e acetatos de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$ . A adição de cátions monovalentes promove um balanço ácido-básico mais favorável no plasma e nos tecidos e estimula o crescimento do animal. Por interagirem com arginina e lisina e, provavelmente, com outros aminoácidos, melhora seu aproveitamento (TORRES, 1989).

Como funções específicas, o  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  influenciam a manutenção da pressão osmótica e balanço ácido-base dos líquidos corporais,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  possuem efeito alcalinizante nos fluidos corporais, o bicarbonato tem efeito tamponante e o cloro, efeito acidificante de acordo com HOOGE, (1998). Juntamente com o  $\text{HCO}_3^-$ , o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) constituem-se no mais importante sistema tampão para todos os vertebrados (LEHNINGER et al., 2006), responsável por 53% da capacidade tamponante do plasma sanguíneo (SWENSON; REECE, 1993). Em particular, esses íons são escolhidos pela importância que desempenham no metabolismo, pela participação no balanço osmótico, no balanço ácido-base e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares (MURAKAMI, 2001).

O principal cátion intracelular é o potássio, enquanto que o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$  são os principais íons do fluido extracelular. A osmorregulação é conseguida pela

homeostasia destes íons, no momento em que água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos, em condições ótimas. Mas a perda de eletrólitos sem alteração no conteúdo de água do corpo, reduz a osmolalidade destes fluídos.

Alterações na homeostase de  $K^+$  podem afetar as funções celulares considerando seu envolvimento em inúmeros processos metabólicos: antagonismo arginina-lisina, condução nervosa, formação do glicogênio, contração muscular, síntese de proteínas teciduais, manutenção da homeostasia intracelular, reações enzimáticas (PATIENCE, 1990; BORGES, 2001). Os rins são os responsáveis pela regulação deste cátion. Quando ocorre aumento da aldosterona aumenta fluxo urinário e eliminação do  $K^+$  por conseguinte o nível de  $K^+$  no sangue pode diminuir. Outro mecanismo regulador baseia-se na permuta com o  $Na^+$  nos túbulos renais. A retenção de  $Na^+$  é acompanhada pela eliminação de  $K^+$  (SWENSON; REECE, 1993; ÉVORA, 1999).

A alcalose respiratória é o aumento na taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Assim, a pressão parcial de  $CO_2$  ( $pCO_2$ ) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) e hidrogênio  $H^+$ . Em resposta, os rins aumentam a excreção de  $HCO_3^-$  e reduzem a excreção de  $H^+$  na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave (BORGES et al., 2003).

Atualmente, a importância do  $Na^+$  na manutenção das funções vitais normais é bastante conhecida. Ele é o principal cátion presente nos fluidos extracelulares, atuando entre outros na pressão osmótica corporal, na atividade elétrica das células nervosas e do músculo cardíaco, na permeabilidade celular e na absorção dos monossacarídeos e aminoácidos (GUYTON, 1985; ÉVORA et al., 1999) sendo o principal responsável pela osmolaridade dos líquidos.

Existe alguns mecanismos utilizados para o controle de sódio corporal, dentre eles tem-se o sistema renina-angiotensina, o hormônio ADH e o mecanismo da sede. Quando há excesso de sódio na dieta, ocorre aumento na osmolaridade que estimula a liberação de ADH e proporciona a sede. A água ingerida, irá diluir o líquido extracelular e restaurará a  $[Na^+]$  a níveis normais. No entanto a água vai elevar o volume do líquido extracelular, promovendo inibição da secreção de aldosterona e um aumento na taxa de filtração glomerular, e o excesso de sódio e água serão excretados. No caso de deficiência de  $Na^+$  no

líquido extracelular, a taxa de filtração glomerular diminuirá e estimulará a liberação de aldosterona pelo córtex da supra-renal. Vale lembrar que a aldosterona tem efeito sobre a secreção do  $K^+$  a partir das células tubulares para o lúmen (Swenson; Reece, 1993).

A função do cloro principal é a manutenção do equilíbrio químico com os cátions presentes. Sabe-se que se o excesso de sódio é excretado pelos rins, o cloreto normalmente o acompanha. Segundo MACARI, (1994), o aumento do  $Cl^-$  plasmático favorece a retenção de  $H^+$  e diminui a reabsorção de  $HCO_3^-$  pelos rins, sendo esta uma resposta à alcalose metabólica. No entanto, o  $Cl^-$  é um íon acidogênico, sua alta concentração na dieta contribui para a diminuição do valor do balanço eletrolítico e neste caso, o pH pode diminuir e estando abaixo do normal pode caracterizar acidose metabólica.

Algumas literaturas aponta expressões simplificadas de BEL, afim de possibilitar relação de eletrólitos nas formulações de rações (VIEITES et al., 2004) a exemplo da desenvolvida por (MONGIN, 1981):

$$(\text{Cátions} - \hat{\text{Ânions}})_{\text{ingeridos}} = (\text{Cátions} - \hat{\text{Ânions}})_{\text{excretados}}$$

De acordo com MONGIN (1981), o resultado do poder ácido da ingestão de  $Na^+ + K^+ - Cl^-$ , é igual à diferença de cátions e ânions excretados (cátions - ânions) <sub>excretados</sub>, mais a produção de ácido endógeno ( $H^+$  <sub>endógeno</sub>), mais as bases em excesso (BEe) ou reservas alcalinas. O requerimento ótimo do balanço de eletrólitos foi recomendado por MONGIN, (1981), em termos de mEq ( $Na^+ + K^+ - Cl^-$ )/kg de ração em torno de 250 mEq/kg.

$$\begin{aligned} (\text{Cátions} - \hat{\text{Ânions}})_{\text{ingeridos}} &= (\text{Cátions} - \hat{\text{Ânions}})_{\text{excretados}} + H^+ \text{ endógeno} + \text{BELe} \\ &\text{ou,} \\ (Na^+ + K^+ - Cl^-)_{\text{ingeridos}} &= (Na^+ + K^+ - Cl^-)_{\text{excretados}} + H^+ \text{ endógeno} + \text{BELe} \end{aligned}$$

Todos os eletrólitos poderiam ser considerados nestas equações. Assim, a equação eletrolítica completa seria:

$$(Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}) - (Cl^- + SO_4^{2-} + 2PO_4^{3-} + HPO_4^{2-}).$$

Entretanto, as aves exigem estes íons em quantidades mínimas para satisfazer as necessidades nutricionais. Porém, é fundamental que a proporção entre eles seja obedecida para manter a homeostase ácido-base e obter o máximo desempenho das mesmas de acordo com (MONGIN, 1981).

Para o cálculo do Balanço Eletrolítico (BEL) a partir dos valores percentuais dos eletrólitos é empregada a seguinte fórmula:

$$\text{BEL} = \text{mEqNa} + \text{mEqK} - \text{mEqCl}, \text{ onde};$$

$$\text{BEL} = \text{Balanço eletrolítico da ração (mEq/kg)}$$

$$\text{mEqNa} = \text{miliequivalente de sódio} = (\% \text{Na da ração} \times 10.000)/23$$

$$\text{mEqK} = \text{miliequivalente de potássio} = (\% \text{K da ração} \times 10.000)/39,1$$

$$\text{mEqCl} = \text{miliequivalente de cloro} = (\% \text{Cl da ração} \times 10.000)/35,5$$

Entretanto, o autor propõe uma fórmula simplificada considerando apenas elementos monovalentes como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , afirmando que os cátions bivalentes não são rapidamente absorvidos como os cátions monovalentes e que na prática é difícil o controle de todos os elementos, uma vez que os ânions fosfatos provêm tanto de origem de dietas orgânicas como inorgânicas de várias fontes. O sulfato estar presente em pequenas quantidades relacionado com a prevenção do catabolismo da metionina; o magnésio é comumente fornecido nas rações em excesso; o cálcio é incluso em grandes quantidades como sal de carbonatos e estar primariamente envolvido no desenvolvimento do esqueleto em vez do equilíbrio ácido- básico, sendo a taxa de absorção controlada pelo sistema endócrino. Desse modo, pode-se dizer, segundo o que a literatura sobre o tema apresenta, que os íons essenciais para manutenção do equilíbrio ácido-base são  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ .

HURWITZ et al. (1981), ao contrario de MONGIN (1981), propuseram que o balanço entre  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , determinem primariamente a concentração de  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) e o pH do plasma. Para os autores, o  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  compõem os outros cátions e o  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato), as proteínas e outros ânions (em baixas

concentrações), fosfatos, sulfatos, lactatos e piruvato são os ânions do plasma. O  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) e as proteínas, incluindo a hemoglobina, constituem os tampões básicos, assim como as  $\text{BE}_{\text{exc}}$  (bases excretadas em excesso), são consideradas componentes metálicos do equilíbrio ácido-base. Estas expressam a quantidade de ácidos ou bases que, quando adicionadas em um litro de sangue, retornam ao pH normal. BORGES et al. (2007) contestam também que alguns fatores devem ser considerados na equação de MOGIN, (1981). A equação assume somente os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , não levando em consideração os efeitos específicos de cada íon, bem como a forma que estes íons são ingeridos, o que pode limitar o uso da mesma.

Para frangos de corte, MOGIN, (1981) determinou que utilizassem simultaneamente BEL de 250 mEq/kg e a relação  $(\text{K}^+ + \text{Cl}^-)/\text{Na}^+$  sendo maior que um. BORGES et al. (2007) estabeleceram que para um ótimo balanço eletrolítico é necessário 250 a 300 mEq/kg. Porém, quando na ração foi adicionado uma fonte de proteína de subprodutos de origem animal, alterou o BEL e o equilíbrio ácido-base devido ao aumento da produção de ácidos orgânicos e a redução de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , aumentando a quantidade relativa de  $\text{Cl}^-$  (PORTSMOUTH,1984).

OLANREWAJU et al. (2007) verificaram alteração negativa em uma série de características fisiológicas (glicose sanguínea, hemoglobina, hematócrito, corticóides), inclusive imunitárias, em frangos de corte submetidos ao estresse térmico (33°C na fase inicial, reduzida gradativamente à temperatura de conforto térmico 21°C após 35 dias de idade das aves), além da queda no desempenho. O aumento no balanço eletrolítico da dieta de 174 para 240 mEq/kg através da inclusão de bicarbonato de sódio e cloreto de potássio, amenizou as perdas em desempenho e as alterações metabólicas frente ao estresse térmico.

Da mesma forma, OLIVEIRA et al. (2003) ao avaliarem BEL, observaram que os níveis de 205 a 325mEq/kg de BEL proporcionaram um aumento linear do teor de umidade da cama. O excesso de umidade provoca diversos fatores negativos que comprometem o desempenho do próximo lote, principalmente em condições ambientais de alta temperatura e umidade dentro do galpão, sendo que os principais fatores negativos seriam a produção de amônia, que poderia ocasionar irritação nas mucosas dos olhos e do trato respiratório, predispondo a ave às doenças respiratórias; e a compactação do material ocasionaria lesões

nos pés e nas pernas que condenariam as carcaças de frangos, desfazendo assim a reutilização dessa cama.

BORGES et al. (2002) relataram que, em dietas pré-iniciais e iniciais para frangos, o melhor desempenho foi atingido com 260 mEq/kg independente dos níveis de proteína bruta. De acordo com MURAKAMI et al. (2001), o BEL para frangos em crescimento variou de 250-261 mEq/kg quando o Na<sup>+</sup> foi manipulado e de 249-257 mEq/kg quando o Cl<sup>-</sup> foi manipulado. As exigências de Na<sup>+</sup> e de Cl<sup>-</sup> estimadas foram de 0,15 a 0,23%, respectivamente. Ao estudar o desempenho de frangos alimentados com diferentes valores de BEL em condições de verão, BORGATTI et al. (2004) concluíram que 330 mEq/kg foi o melhor BEL para ganho peso e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade. Já MONTEIRO et al. (2006) verificaram os efeitos dos níveis de 20 a 23% PB combinados com BEL de 0, 50, 100, 150, 200 e 250 mEq/kg na atividade da  $\alpha$ -amilase pancreática e recomendaram dietas com 200 mEq/kg e 20% PB de um a sete dias, de 8 a 21 dietas com 135 a 250 mEq/kg e 20% PB para maior atividade específica da  $\alpha$ -amilase pancreática e desenvolvimento adequado do aparelho digestório.

Segundo OLANREWAJU et al. (2007) trabalharam com dietas para frangos de corte com dois níveis de BEL (174 e 241 mEq/kg) e verificaram maiores teores de cálcio e sódio no plasma sanguíneo das aves aos 35 dias de idade quando receberam a dieta com alto nível de BEL.

Outros autores como VIEITES et al. (2005), desenvolveram um experimento para determinar o melhor valor de balanço eletrolítico em dois níveis de proteína bruta sobre o desempenho e rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte da linhagem Ross, de 1 a 42 dias de idade. Os frangos foram alimentados com duas rações basais, uma com 20% e outra com 23% de PB à base de milho e de farelo de soja, combinadas com níveis de BEL de 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 mEq/kg. Os autores observaram efeito quadrático dos diferentes balanços eletrolíticos sobre o ganho de peso e o consumo de ração dos animais para as duas seqüências protéicas estudadas.

O nível ótimo de BEL para o ganho de peso foi de 179 e 185 mEq/Kg, enquanto que para o consumo de ração, os valores foram de 193 e 192 mEq/Kg para os animais alimentados com rações contendo 20% e 23% de PB, respectivamente. Para o rendimento de carcaça e dos cortes nobres, os melhores



valores de BEL encontrados foram similares aos de desempenho, recomendando-se, portanto, um valor de BEL na faixa de 179 a 190 mEq/kg como ótimo para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Outro trabalho demonstrou que o uso de eletrólitos para ajuste do balanço eletrolítico da ração em 250 mEq/kg, piorou a qualidade final da cama de frango de corte, podendo torná-la imprópria à reutilização (MATOS et al., 2010).

OLIVEIRA et al. (2003) determinaram o efeito do balanço eletrolítico 205, 235, 265, 295 e 325 mEq/kg da dieta e dos subprodutos avícolas (farinha de penas hidrolisadas e farinha de vísceras) sobre o desempenho de frangos de corte Cobb-Vantress, de 1 a 21 dias. As rações foram formuladas de modo a serem isoprotéicas com 21,4% de PB, isoaminoacídicas, isoenergéticas com 3.050 Kcal de mEq/Kg. Os autores não observaram interações entre as farinhas e os balanços eletrolíticos utilizados, exceto para a conversão alimentar, sendo que o ponto de mínimo estimado foi para o nível de 292 mEq/Kg, independente do subproduto utilizado. O uso da farinha de vísceras proporcionou melhor desempenho das aves no período inicial, quando comparado com a farinha de penas hidrolisadas. Os autores também observaram que o aumento do BEL elevou a umidade da cama. Esse efeito pode ser atribuído ao aumento dos níveis de sódio das rações, através da inclusão de bicarbonato de sódio para se obter o BEL estudado, uma vez que, altos níveis de sódio ocasionam aumentos significativos no consumo de água e, conseqüentemente, elevação da umidade das excretas e excreção de sódio.

OLANREWAJU et al. (2008) verificaram alteração negativa em uma série de características fisiológicas (glicose sanguínea, hemoglobina, hematócrito, corticóides), inclusive imunitárias, em frangos de corte submetidos ao estresse térmico (33°C na fase inicial, reduzida gradativamente à temperatura de conforto térmico 21 °C após 35 dias de idade das aves), além da queda no desempenho. O aumento no balanço eletrolítico da dieta 174 para 240 mEq/kg através da inclusão de bicarbonato de sódio e cloreto de potássio, amenizou as perdas em desempenho e as alterações metabólicas frente ao estresse térmico.

O osso funciona como um sistema tamponante para o controle ácido-base dos fluidos corporais. Dietas ácidas induzem a liberação de cátions incluindo  $\text{Ca}^{2+}$  do osso para o sangue com o objetivo de corrigir o pH. Essa perda de  $\text{Ca}^{2+}$

produziria uma menor mineralização óssea, menor peso, densidades e índice peso/comprimento (IPC). Porém, OLIVIRA et al. (2010) não observaram tais alterações em fêmures de frangos de cortes quando testaram valores diferentes de BEL.

Considerando que o tecido ósseo possui grande quantidade de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , sendo uma reserva destes íons, como é prioritária a integridade óssea, era de se esperar que qualquer alteração em nível de balanço ácido-base poderia produzir alterações na qualidade óssea. Estes minerais tamponantes geralmente estão disponíveis nos ossos para troca com o fluido extracelular. Porém, tais mobilizações são seletivas (BERGSTROM; WALLACE, 1954).

MOGHADDAM et al. (2005) testaram BEL dietético de 187 a 284 mEq/kg em frangas e não observaram efeitos significativos no conteúdo de cinzas e de cálcio.

Segundo MÜLLER et al. (2012) observaram redução nos níveis séricos de  $\text{Cl}^-$  quando submeteram frangos de corte à estresse crônico durante uma semana (42 a 49 dias de idade). O aumento da quantidade de cloro na dieta aumenta as anormalidades das cartilagens, especialmente quando o conteúdo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  estão baixos na dieta.

ARAÚJO et al. (2011) diz que a redução do balanço eletrolítico da dieta em nível inferior a 150mEq/kg, proporcionado por ingredientes que contêm cloro, influencia negativamente a mineralização e a resistência óssea.

Entretanto, BRÊTAS et al. (2009) observaram que a correção do balanço eletrolítico em rações contendo 250 ou 300 mEq/kg, suplementadas com bicarbonato de sódio e, ou, cloreto de potássio, influenciou o ganho de peso, o consumo de lisina e a eficiência de utilização de lisina, mostrando que esta correção pode interferir no desempenho dos animais. Os resultados sugerem uma melhora no desempenho quando há correção do BEL em situações de estresse, sendo uma alternativa para períodos quentes.

Em leitões dos 9 aos 25 kg mantidos em conforto térmico, KIEFER et al. (2008) dando ênfase ao sódio e ajustando os níveis de balanço eletrolítico para cinco níveis diferentes observaram que os mesmos não influenciaram o peso final, o consumo de ração e o ganho de peso dos leitões. Verificou-se, porém, o efeito dos níveis de balanço eletrolítico sobre a conversão alimentar dos leitões,

que variou de forma quadrática, melhorando até o nível estimado de 222 mEq/kg de ração, o que equivale ao nível de 0,36% de sódio na ração.

É notória, a importância da aplicação do conceito “balanço eletrolítico” na formulação de rações para frangos de corte, principalmente em condições de estresse por temperaturas consideradas acima da zona de conforto térmico das aves, ambiente este que caracteriza na maior parte do ano a região do Recôncavo da Bahia.

Sendo assim, podemos dizer que a redução no consumo por nutrientes, a excreção de eletrólitos importantes, potencializando efeitos da alcalose respiratória terá efeitos danosos no consumo e na retenção de nutrientes, principalmente minerais e vitaminas, relacionados à formação óssea.

## **2.2 Metabolismo e funções da vitamina D em frangos de corte**

Comumente relacionada ao sol, à vitamina D, que dentro do grupo das vitaminas é classificada como vitamina lipossolúvel, pode ser sintetizada pelas plantas e pelos animais, sendo que suas maiores fontes formadoras são os colecalciferóis e os ergocalciferóis. Os ergocalciferóis (vitamina D<sub>2</sub>) são os mais usados na fabricação de rações, servindo como principal fonte de vitamina D tem sua origem de esteróides das plantas, chamado de ergosterol, que pela incidência de raios solares é convertido em vitamina D<sub>2</sub>, (BERTECHINI, 2006).

A vitamina D<sub>2</sub>, possui características muito limitadas, por exemplo, nas aves atua como fator antiosteopênico, MACARI et al. (2002). Apenas os animais produzem o colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>) sendo produzido por meio da conversão do 7-deidrocolesterol, derivado do colesterol ou esqualeno, que é sintetizado no fígado e está presente em grandes quantidades na pele, na parede intestinal e em outros tecidos, e também é convertido pela incidência de luz solar BERTECHINI, (2006). Nas aves, o colecalciferol passa para a corrente sanguínea na forma de portomícrons, os quais chegam até o fígado (KLASING, 1998).

As vitaminas D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> não são biologicamente funcionais, precisando ser convertidas a forma ativa da vitamina D, a 1,25-dehidroxicolecalciferol (1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>), por duas reações sequenciais de hidroxilação, que *in vivo* ocorrem no fígado Champe e Harvey, (1996). A figura 1 ilustra como ocorre o metabolismo da vitamina D no organismo do animal.

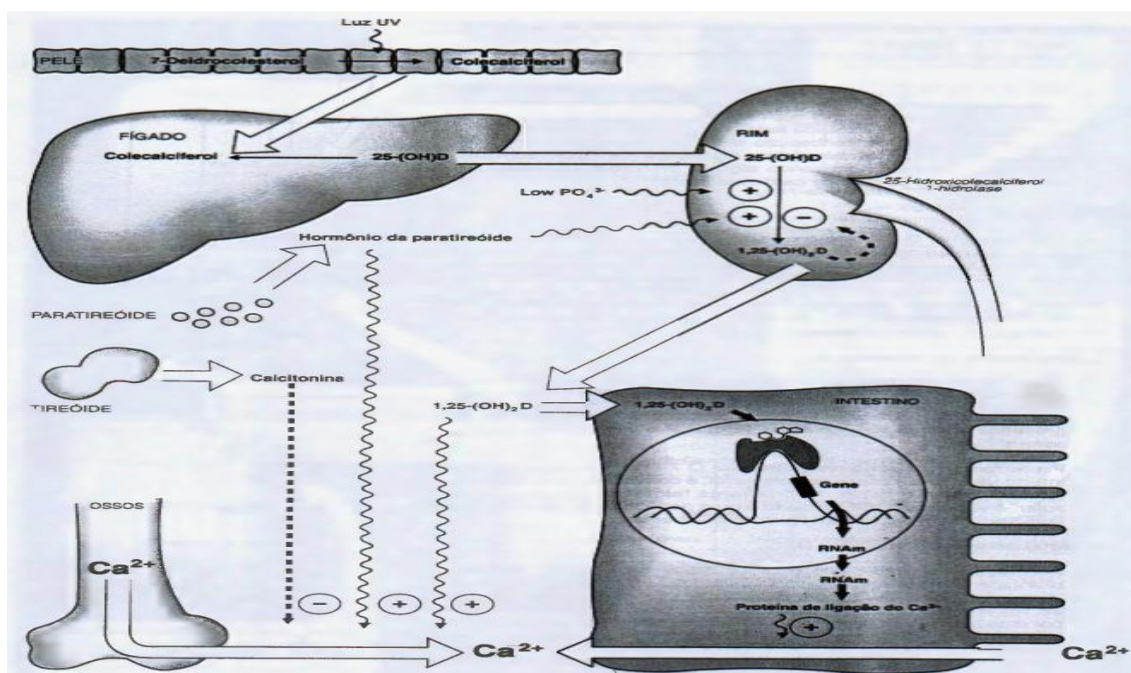


Figura 1. Diagrama do metabolismo da vitamina D no organismo Adaptado de Champe e Harvey, (1996).

A primeira hidroxilação ocorre na posição 25 e é catalisada pela hidroxilase específica no fígado. O produto da reação, o 25-hidroxicolecalciferol ( $25\text{-OHD}_3$ ), é a forma predominante da vitamina D no plasma, sendo uma importante forma de armazenamento da mesma. O  $25\text{-OHD}_3$  é posteriormente hidroxilado na porção 1 por uma 25-hidroxicolecalciferol 1-hidroxilase específica, encontrada primariamente no rim. O resultado é a formação do composto denominado 1,25-dihidroxicolecalciferol ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ ) (BRITO, 2008).

A função geral do  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  é manter os níveis plasmáticos (ação combinada com o paratormônio - PTH) de cálcio e fósforo, funcionando basicamente como hormônio esteroide. O metabólito fisiologicamente ativo, permite a realização dessas funções, pois consegue por meio da captação crescente de cálcio e fósforo pelo intestino, por minimizar a perda de cálcio e fósforo pelos rins e por estimular a reabsorção óssea, quando necessário (EDWARDS Jr, 2000).

Dois hormônios, são necessários para controlar os níveis sanguíneos de cálcio e fósforo, a calcitonina e o paratormônio, que apresentam delicada relação com a  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ . A calcitonina muito importante na regulação dos altos níveis de cálcio plasmático por diminuir a absorção no intestino, a desmineralização e

reabsorção de cálcio nos rins. O paratormônio, indiretamente, estimula a absorção de cálcio por estimular a produção de  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  sob condições de hipocalcemia. O mecanismo pelo qual a vitamina D estimula a absorção de cálcio e fósforo não é completamente compreendido (MACDOWELL, 2000).

Como todas as vitaminas lipossolúveis, o mecanismo de absorção da vitamina D no intestino ocorre em associação com gorduras, requerendo a presença de sais biliares e é absorvido com outros lipídeos neutros nos quilomicrons para a circulação porta-hepática. A vitamina D atua basicamente em três locais: no intestino, nos ossos e nos rins, sendo que no duodeno participa da síntese da proteína transportadora de cálcio e esta mesma proteína também é encontrada nos rins. Além dessa proteína, a fosfatase alcalina e a adenosina trifosfato cálcica também respondem ao estímulo da vitamina D. No tecido ósseo, a mobilização do cálcio do osso para o fluido extracelular ocorre a partir da ação conjunta da forma ativa da vitamina D, o  $1,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$  e do hormônio da paratireóide. Além disso, a vitamina D participa da biossíntese do colágeno (MACARI et al. (2002). Enfim a vitamina D, através de suas ações no intestino, rim, ossos e glândulas paratiróides, é um hormônio fundamental para a homeostase do cálcio e para o desenvolvimento de um esqueleto saudável (PEDROSA e CASTRO, 2005).

### **2.3 Vitamina D e desenvolvimento ósseo e metabolismo de cálcio e fósforo**

O osso, a principal reserva de cálcio no organismo, é formado por um tecido heterogêneo e complexo que tem por função suportar a musculatura e todo o peso do animal. Além disso, há uma estrutura orgânica composta de fibras, principalmente colágeno, na qual é depositada a fase mineral, composta principalmente de hidroxapatita. A fixação desta ao colágeno e posteriormente a calcificação se deve a presença das proteoglicanas e glicoproteínas com alta capacidade para ligações iônicas (BAYNES; DOMINICZAK, 2000).

O desenvolvimento ósseo está intimamente relacionado com o crescimento do animal, desta maneira o tecido ósseo cresce e se desenvolve a medida que está sendo utilizado e pode atrofiar quando em desuso. Funciona como uma reserva metabólica de cálcio e fósforo que pode ser exigida do animal quando houver alterações na homeostase (KUSSAKAWA; FARIA 1998).

O tecido ósseo é constituído de uma matriz mineralizada e células vivas, incluindo condrócitos, osteoblastos, osteócitos, osteoclastos, células endoteliais, monócitos, macrófagos, linfócitos, e células hematopoiéticas e de proteínas estruturais como o colágeno, proteoglicanos, osteocalcina, osteonectina e osteopontina que lhe conferem elasticidade e capacidade de adaptação a forças tensionais (BERNADINO, 2009).

Os osteoblastos, osteócitos e as células osteoprogenitoras são os responsáveis pela formação do tecido ósseo, e os osteoclastos pela reabsorção óssea. A ação da  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  está relacionada, principalmente, com o metabolismo dos osteoblastos, ou seja, atua diretamente na formação óssea (SUDA et al., 1990).

A função e atividade dos osteoblastos são influenciadas por muitos hormônios e fatores de crescimento, principalmente a vitamina  $\text{D}_3$ , PTH e calcitonina. O PTH estimula a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPc), o transporte de íons e a síntese de colágeno. A vitamina D, na forma ativa, estimula a síntese de fosfatase alcalina, proteínas e matriz óssea e os fatores de crescimento atuam como receptores autócrinos dos osteoblastos (BAYNES; DOMINICZAK 2000). O  $24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  têm sua função ligada à integridade do sistema ósseo, sendo modulador dos condrócitos na placa de crescimento (BOYAN et al., 2002).

As células ósseas também produzem diversos hormônios cálcio tróficos sistêmicos, como o PTH, estrógeno e uma variedade de reguladores biológicos, como o  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  que controlam o metabolismo ósseo local, autócrinos e parácrinos, incluindo citocinas, prostaglandinas (PGs) e fatores de crescimento que atuam em conjunto, regulando as atividades celulares de remodelamento do osso Henn, (2012). Dessa maneira, uma diminuição no cálcio plasmático estimula a secreção de PTH, que atua diretamente nos rins na reabsorção de cálcio e aumento da síntese de  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ . Com o aumento da reabsorção de cálcio nos ossos, há um aumento da absorção de cálcio no intestino e aumento nas concentrações plasmáticas de cálcio, melhorando a liberação de calcitonina, que atuará inibindo o processo de forma a manter a homeostase no organismo ( BAYNES; DOMINICZAK, 2000).

O pico de formação óssea ocorre em frangos até aos 21 dias de idade, em razão, principalmente, a dois processos que ocorrem simultaneamente: a ossificação intramembranosa no perióstio e ossificação endocondral no disco epifisário. A ossificação intramembranosa ocorre a partir do tecido conjuntivo em que as células mesenquimatosas são diferenciadas em osteoblastos (SIMÃO, 2008). No processo endocondral ocorre a proliferação dos condrócitos que compõe o disco e é regulado principalmente pelos hormônios do crescimento, como insulina e a somatomedina, fator de crescimento de fibroblastos e monocinas e por fatores exógenos, como os metabólitos da vitamina D<sub>3</sub>.

É importante salientar que distúrbios da ossificação endocondral fazem com que os ossos apresentem aspectos moles ou curtos, logo um esqueleto curto e pouco desenvolvido, enquanto em distúrbios da ossificação intramembranosa os ossos se tornam finos e quebradiços. A soma dos dois processos resulta em um osso fraco, quebradiço, mal mineralizado e fino PIZAURO JUNIOR et al. (2002). Estes processos de mineralização óssea são altamente dependentes da presença do cálcio e fosfato, pelo fato do cálcio ser depositado entre o osso e o líquido extracelular constantemente, ao mesmo tempo em que ocorre a reabsorção de osteoclastos e a formação dos osteoblastos (GUYTON; HALL, 2006).

No metabolismo ósseo, o PTH age ativando os osteoclastos, a partir dos osteoblastos, os quais possuem receptores para este hormônio. Por sua vez, a calcitonina tem efeito antagônico inibindo a ação dos osteoclastos, por meio da diminuição de células progenitoras (BAYNES; DOMINICZAK, 2000). Além disso, o PTH estimula a ação da enzima 1- $\alpha$ -hidroxilase em baixas concentrações séricas de fosfato e cálcio. O 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> aumenta a absorção de cálcio e fosfato atuando juntamente com o PTH (BAYNES; DOMINICZAK, 2000).

Outros fatores como as citocinas, interleucina-1(IL-1), fator de necrose (TNF), interferon  $\gamma$  (ITF $\gamma$ ) e o fator B-transformante do crescimento (TGF-B) regulam a atividade dos osteoclastos. A reabsorção destes libera peptídeos de colágeno e cálcio da matriz óssea através das enzimas lisossomais, colágenases e catepsinas em baixo pH (BAYNES; DOMINICZAK, 2000).

Tanto o cálcio, como o fósforo realizam uma função muito importante no

metabolismo animal, principalmente com respeito à formação óssea, assim, uma deficiência ou excesso dietético impossibilita a expressão do máximo desempenho animal. A vitamina D está estreitamente relacionada ao metabolismo de cálcio e fósforo, assim na falta de algum deles, há o comprometimento da homeostase destes minerais e, conseqüentemente calcificação e limitações no crescimento das aves MACARI et al. (2002). Em contrapartida, quando em excesso, o cálcio pode agir como antagonista dificultando a absorção de alguns minerais tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros Waldroup (1996). Além do metabolismo ósseo, o cálcio é responsável por inúmeras funções no nosso organismo incluindo neural e muscular e sua absorção a nível intestinal determinará sua utilização (BOUILLON et al., 2003).

Segundo FARQUHARSON; JEFFERIER, (2000), a vitamina D e seus metabólitos atuam na maior parte do metabolismo ósseo, são essenciais para a sua formação. Sua atuação é através de uma interação com o receptor nuclear VDR, este está localizado na placa de crescimento dos condrócitos.

GARCIA, (2013) menciona que existe uma importante relação entre a deficiência da vitamina D e o aumento dos problemas ósseos em frangos de corte, uma vez que, em tal situação, ocorre diminuição na absorção de cálcio, levando a desmineralização dos ossos e, conseqüente diminuição do teor de cinzas, cálcio, fósforo, queda na resistência óssea e aparecimento de problemas locomotores.

Existe uma importante relação entre a deficiência de vitamina D e um aumento de problemas ósseos, isso ocorre, há uma diminuição na absorção de cálcio, levando a desmineralização da matriz óssea e, conseqüente queda na resistência óssea, diminuição no teor de cinzas, cálcio e fósforo e aparecimento de problemas locomotores. Com a suplementação de vitamina D, aumenta a absorção de cálcio e fósforo através das células do epitélio intestinal atuando juntamente com o PHT e promovem um aumento nas concentrações de cálcio e fósforo (SUDA et al. 1990; GRUDTNER et al. 1997; CARVALHO et al. 2002).

#### **2.4 Vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos na alimentação das aves**

Classificada como vitamina lipossolúvel, a vitamina D tem sua origem tanto no reino animal como vegetal. Advindo de um esteróide vegetal o ergosterol, é



convertido pelos raios solares em ergocalciferol (Vitamina D<sub>2</sub>) sendo usado como fonte de vitamina D nas rações. O colecalciferol (Vitamina D<sub>3</sub>) produzido exclusivamente pelos animais é sintetizado no fígado e está presente em grandes quantidades na pele e outros tecidos. Após sofrer as hidroxilações, a vitamina D forma vários metabólitos, dos quais 1, 25-di-hidroxicolecalciferol (1, 25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) é considerada a forma ativa.

Entre as ações do 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> está a estimulação da síntese de proteína ligadora de cálcio no intestino delgado, aumentando a absorção deste no intestino, o que permite as ligações eletrostáticas com íons por causa da série de cadeias carboxilas laterais, entre diversos outros fatores. O resultado é um aumento da concentração de cálcio e fosfato para a circulação reduzindo a formação de complexos com o cálcio e, conseqüentemente, os problemas ósseos (GRUDTNER et al., 1997; BAYNES ; DOMINICZAK, 2000; APPLGATE et al., 2003) .

Também atua como um regulador do hormônio da paratireoide (PTH), através dos receptores de vitamina D (VDR), alterando a absorção e mobilização de cálcio nos intestinos e nos ossos (CARRILLO-LOPES et al., 2009). Além disso, possui influência sobre vários genes em relação à imunomodulação, atuando sobre linfócitos, macrófagos e células citotóxicas naturais (BARRAL et al., 2007).

Ao longo de todo o trato gastrointestinal existem receptores para vitamina D (VDR), que são de extrema importância para a absorção de cálcio e fosfato. Porém, estes receptores também atuam no desenvolvimento da mucosa intestinal, isto porque estão localizados em concentrações mais elevadas próximos aos locais onde ocorrem maior parte da diferenciação e proliferação celular das células do epitélio intestinal. O que sugere sua atuação no desenvolvimento, integridade, homeostase e saúde intestinal, estimulando a migração de enterócitos da cripta para as vilosidades ( KLASING, 2006; RINER et al., 2008; ZANUZZI et al., 2011).

O 1,25-(OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> diminui a excreção renal de Ca<sup>2+</sup> e Pi. Tanto o 1,25 quanto o 24,25-(OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> podem exercer efeitos de retroalimentação sobre a síntese e/ou excreção de hormônio paratireoideo. Todavia, tais efeitos não foram definitivamente estabelecidos (PIZAURO Jr et al., 2002).

Independente da fase de criação, as recomendações do NRC (1994) para vitamina D<sub>3</sub> são 200 UI/kg de ração que corresponde a suplementação de MG/kg de vitamina. Assim sendo, fatores, como desempenho, características ósseas, absorção e retenção de cálcio e fósforo, etc, presença de luz UV, fonte de vitamina, linhagem em estudo e condições das instalações, podem afetar a determinação das necessidades nutricionais de suplementação de vitamina D em rações de frangos de corte.

As necessidades nutricionais de vitamina D para frango de corte (até 16 dias), foram determinadas por EDWAD et al. (1994) em 275 UI/kg de ração para o crescimento máximo; 503 UI/kg para maximizar cinzas ósseas; 552 UI/kg para cálcio plasmático e 904 UI/kg para prevenção de raquitismo, em condições de ausência de luz. Segundo esses autores a luz UV é bastante representativa (cerca de 800 UI/kg de ração) em reduzir a suplementação de colecalciferol para aves.

Entretanto, Guia DSM de Suplementação Vitamínica para Animais Domésticos DSM (2011) preconiza a suplementação de vitamina D de 3.000-5.000 UI/kg de ração para frangos de corte 1 a 21 dias de idade e de 2.000-4.000 UI/kg de ração para as aves a partir de 22 dias de idade.

No Brasil, BERTECHINI, (2006) preconiza a suplementação de 3.000UI/kg na fase inicial de criação de frangos de corte, reduzindo-se para 2.000 e 1.000 UI/kg nas fases de crescimento e final, respectivamente.

Segundo DRIVER et al. (2006) aves provenientes de matrizes suplementadas com vitamina D<sub>3</sub> e com exigências acima do proposto pelo NRC (1994) apresentaram melhor desempenho, redução da discondroplasia tibial em comparação com as aves provenientes de matrizes alimentadas com rações deficientes em vitamina D<sub>3</sub>.

GOFF, (2006) relatou que a fase inicial é mais susceptível a alterações mediante a suplementação de vitamina D, pois é o período em que ocorre alta taxa de crescimento do tecido esquelético, além da imaturidade do trato digestório (digestão, absorção de lipídios e compostos lipossolúveis). Além disso, respostas mais sensíveis no desempenho são observadas em condições de redução dos níveis de cálcio e fósforo, podendo haver recuperação do desempenho através da

otimização nos processos de absorção e metabolismo desses elementos (NAHM, 2007).

RAO et al. (2006) estudaram o fornecimento de colecalciferol (200, 1200, 2400 e 3600 ICU/kg de ração) e concentrações sub-ótimas de cálcio (0,50 %) e fósforo não fítico (0,25 %) sobre o desempenho e mineralização óssea de frangos de corte (2-42 dias de idade) comparados com dieta basal (contendo níveis recomendados de cálcio, fósforo não-fítico e colecalciferol). Os autores constataram aumento no ganho de peso e melhor conversão alimentar para frangos de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações com 60 µg/kg (2400 UI/kg) de vitamina D<sub>3</sub> e níveis de fósforo disponível e cálcio reduzidos

Segundo CHOU et al. (2009), após iniciar a comercialização de 25-OH-D<sub>3</sub>, tem havido muito interesse da indústria de aves na utilização desse metabólito. CASTRO, (2011) reforça esta ideia dizendo que principalmente por causa da meia vida no organismo, visto que o 25(OH)D<sub>3</sub> é a principal forma de armazenamento no organismo e possui uma meia vida de aproximadamente 2 a 3 semanas, enquanto que o 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> tem uma meia vida de 6 a 8 horas no organismo.

De fato, a 25(OH)D<sub>3</sub> possui uma taxa de absorção aproximadamente 20% maior que a vitamina D<sub>3</sub> (APPLEGATE, 2003; ANGEL, 2005), e o 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> e o 1α(OH)D<sub>3</sub> não necessitam de ativação renal.

De acordo com KLASING, (2006), o intestino delgado é sensível à deficiência ou excesso de vitaminas, podendo interferir no desempenho, diferenciação e proliferação celular e, conseqüentemente, no tamanho das vilosidades ou criptas, estando, assim, envolvida nos processos de homeostase intestinal.

A suplementação de 25(OH)D<sub>3</sub> na dieta de frangos de corte proporcionou maiores comprimentos de vilos e menores profundidades de criptas nos animais CHOU et al. (2009), porém o desempenho não foi influenciado. Estes autores sugeriram que a utilização de 25(OH)D<sub>3</sub> acarretou em menor demanda energética e maior absorção de nutrientes.

BRITO et al. (2010), avaliando níveis/formas de vitamina D em aves aos 21 dias de idade encontraram maior concentração de cálcio nas tíbias quando foi suplementada com a fonte 25-OHD<sub>3</sub>(20 e 37,5 µg/kg) em comparação com a D<sub>3</sub>. Estes mesmos autores ao avaliarem o teor de fósforo em tíbias de frangos de

corde aos 45 dias de idade notaram que as aves alimentadas com rações suplementadas com 25-OHD<sub>3</sub> obtiveram valores maiores em relação às aves submetidas a rações suplementadas com vitamina D<sub>3</sub>. Também observaram incremento no teor desse mineral nas tíbias à medida que se aumentou a suplementação de vitamina D, independente das formas avaliadas e verificou ainda, a superioridade das formas conjuntas (D<sub>3</sub>+25-OHD<sub>3</sub>).

Ao estudarem quatro formas de vitamina D (D<sub>3</sub>, 25(OH)D<sub>3</sub>, 1α(OH)D<sub>3</sub> e 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) em rações a base de farelo de soja e milho (fornecendo 2000 UI de vitamina D<sub>3</sub>/kg na fase inicial e 1600 UI/kg na fase de crescimento) para frangos de corte machos, GARCIA et al. (2013) não encontraram diferenças significativas nas variáveis ósseas (diâmetro, Índice Seedor, resistência à quebra, cinzas, Ca e P). A explicação dos autores para ausência de diferenças decorreu do fato de que as formas da vitamina estudadas foram incluídas nas dietas em quantidade equivalente a vitamina D exigida pelos animais, uma vez que tal vitamina atua na homeostase do corpo do animal. Os autores sugeriram que os níveis estudados estavam em conformidade com os requerimentos para o tecido ósseo dos frangos.

HAN et al. (2009), avaliando características de desempenho, sanguíneas, ósseas e a qualidade de carne de frangos de corte (1 a 21 dias de idade) suplementados com 1α-OH(D<sub>3</sub>) (0 e 5,0 µg/kg) e fitase (0 e 500 U/kg), mostraram que o referido metabólito da vitamina D isolado aumentou as cinzas da tíbia, teores de cálcio e fósforo nos ossos, resistência óssea, concentrações de cálcio no plasma e a qualidade da carne, entretanto, houve redução do crescimento das aves. A interação entre 1α -OH(D<sub>3</sub>) associada à fitase proporcionou maior qualidade óssea dos frangos.

SOUZA, (2013), relata que uma menor conversão alimentar foi obtida para os frangos de corte, sem que houvesse alteração significativa no consumo de ração, evidenciando melhora no desempenho das aves com a suplementação de 100 a 200g/ton do produto comercial. Os resultados obtidos assemelham-se também aos encontrados por KHAN et al. (2010), que constataram diferença significativa no ganho de peso de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações formuladas com 5, 37,5, 62,5 e 87,5µg/kg de vitamina D<sub>3</sub> inativa. A suplementação de 87,5 µg/kg correspondeu a melhor performance

produtiva das aves, bem acima da recomendação de ROSTAGNO et al. (2011), de 50µg/kg.

COMBS JÚNIOR, (2008) afirmaram que 50% da vitamina D<sub>3</sub> da dieta não é absorvida e SCHENCK et al. (2007) descreveram que, quando diminuem as concentrações séricas de cálcio e fósforo, há um aumento da atividade da enzima 1-alfa-hidroxilase nos rins, aumentando as concentrações plasmáticas de 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>.

O metabólito 1,25 (OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> atua sobre o controle da homeostase do cálcio extracelular, regulando o transporte de cálcio intestinal e a mortalidade nos ossos, além disso, também atua como imunomodulador, regulando o crescimento e diferenciação das células (BOLAND e NORMAN 1998).

De acordo com PHADNIS e NEMERE (2003), existem receptores para o 25(OH)D<sub>3</sub> no epitélio intestinal, o que indica um efeito direto sobre o cálcio nas células intestinais. Porém, este metabólito pode ser de 5 a 10 vezes mais tóxico que a vitamina D<sub>3</sub> MATILLA et al. (2011). Além disso, o 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> também está associado aos efeitos tóxicos podendo em doses elevadas levar a uma hipervitaminose ZANUZZI et al. (2011). Contudo, o trato gastrointestinal possui um mecanismo de adaptação a curto prazo para se recuperar de componentes tóxicos, aumentando a taxa de renovação celular de forma a se adaptar aos agentes estressores.

NAHM (2007) relatou que entre outros fatores, para uma melhor utilização de fósforo pelas aves, a suplementação de vitamina D e o uso de diferentes metabolitos dessa vitamina e a interação desses dois fatores com a suplementação de fitase nas rações aumentou, a retenção desses minerais pela aves.

CHENG et al. (2004) afirmaram que a adição de 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> ou extratos da planta *Solanum glaucophyllum* (SG) pode melhorar a eficiência de absorção e utilização do cálcio e do fósforo, sendo possível utilizar níveis subótimos destes elementos nas rações para frangos de corte. Os autores constataram que aves alimentadas com a adição de 5,0 g de SG/kg ou de 15,0 µg 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>/kg quando comparadas as que receberam ração basal apresentaram maior ganho de peso, concentração de Ca e P no plasma, cinzas e densidade óssea. Com a redução do uso de fósforo nos programas alimentares, tem-se uma menor

excreção deste elemento, permitindo assim mitigar os impactos ambientais e aumentar a viabilidade da produção avícola por reduzir os custos de produção.

Contudo, SOUZA et al. (2013) afirmaram que a suplementação de 1,0 a 2,0 µg de vitamina D<sub>3</sub> ativa/kg de ração associada a redução em 20,0 % das exigências de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte machos foi benéfica ao desempenho das aves, sendo uma possível alternativa a ser adotada na avicultura industrial.

Desta maneira, a vitamina D pode melhorar parâmetros fisiológicos, metabólicos e de saúde do organismo animal, proporcionando condições favoráveis para a expressão do máximo desempenho produtivo. No entanto, diante da complexidade e da ampla variação das condições da avicultura nacional, faz-se necessário a realização de pesquisas nessa área, visando esclarecer possíveis efeitos do aumento ou redução da suplementação de vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Época de realização do experimento**

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no período de maio a julho de 2013, na cidade de Cruz das Almas -BA.

O município de Cruz das Almas localiza-se na região do Recôncavo Baiano a uma altitude de 226 metros, tendo como coordenadas geográficas 12°24' de latitude sul e 39°40' de longitude oeste de Greenwich (Brasil, 1992).

#### **3.2 Aves, instalações e equipamentos**

Foram utilizados 1440 pintos de um dia, machos, da linhagem Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, sendo então alojadas em galpão convencional de criação, dividido em 48 boxes de 1,65 X 1,55 m, equipado com cobertura de telhas de barro, cortinas laterais com dispositivos de catraca (subida e descida) e campânulas a gás, para controle parcial da temperatura e ventilação e dispositivos adaptados para primeira semana de criação, comedouros tubulares, bebedouros pendulares.



1								-	-	-
2								2800(D <sub>3</sub> )	2800(D <sub>3</sub> )	2800(D <sub>3</sub> )
3	220	210	200	185	2500	2000	2000	2800 (25OHD <sub>3</sub> )	2800 (25OHD <sub>3</sub> )	2800 (25OHD <sub>3</sub> )
4								80 (1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )	80(1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )	80(1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )
5								-	-	-
6								2800(D <sub>3</sub> )	2800(D <sub>3</sub> )	2800(D <sub>3</sub> )
7	290	280	270	255	2500	2000	2000	2800 (25OHD <sub>3</sub> )	2800 (25OHD <sub>3</sub> )	2800 (25OHD <sub>3</sub> )
8								80(1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )	80(1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )	80(1,25OH <sub>2</sub> D <sub>3</sub> )

PI – Pré – inicial; I – inicial; E- engorda; A- abate.

### 3.4 Rações e manejo experimental

A composição dos nutrientes, dos principais alimentos usados na formulação foi obtida nas tabelas brasileiras (Rostagno et al. 2011) com exceção do sódio, potássio, cloro do milho, farelo de soja e BalEq NaK( bicarbonato de sódio, cloreto de potássio), os quais foram encaminhados para análises laboratoriais (Tabela 2).

As rações experimentais (Tabela 2) foram fareladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com o programa alimentar composto por quatro rações (Pré-inicial 1 – 10 dias; Inicial 10-21 dias; engorda 22-35 dias e abate 36-42 dias), seguindo recomendações nutricionais de Bertechini (2012). Foi realizada a suplementação de fitase 1000 FTU/kg em todas as rações (Genophos – 10.000 FTU/g) com redução em 0,15 pontos percentuais nos teores de cálcio e fósforo disponível das rações. Os ingredientes e aditivos usados para obtenção dos diferentes programas de BEL e suplementação de vitamina D<sub>3</sub> foram: BalEq NaK que é composto por bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), cloreto de potássio (KCl) e dióxido de silício(SiO<sub>2</sub>), proveniente da Química Geral do Nordeste (CARBONOR), as fontes de vitamina D utilizadas foram 25-OHD<sub>3</sub> (Premix Hy-D®, 250 - 276 mg/kg = 11.040.000 UI/kg), vitamina D<sub>3</sub> (11.040.000 UI/kg obtida após diluição com farelo de trigo moído, para ter inclusão semelhante à 25-OHD<sub>3</sub>) e 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (Pambonis®, – 10 µg/g ou 400 UI/g com indicação de 100-500g/t para enriquecer 40-200 UI/kg de ração.



TABELA 2. Teores de matéria mineral (g/100g - %), sódio (g/100g - %), potássio (g/100g - %) e Cloro (g/100g - %) nos ingredientes Balek NaK (saís de bicarbonato de sódio e potássio e cloreto de potássio), farelo de Soja e milho (analisados<sup>1</sup>).

Componente/Elemento	BalEq NaK,	Farelo de Soja	Milho
Mat. Mineral	81,58	6,59	1,24
Sódio	20,43	0,035	0,018
Potássio	19,88	2,087	0,303
Cloro	19,05	0,096	0,070

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Análises Químicas LTDA (LABTEC)

TABELA 3: Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais

Ingredientes (%)	Balanço Eletrolítico Normal				Balanço Eletrolítico Alto			
	PI (1-10d)	I (11-21d)	E (22-35d)	A (36-42d)	PI (1-10d)	I (11-21d)	E (22-35d)	A (36-42d)
Milho	57,467	59,248	60,056	62,085	57,467	59,248	60,056	62,085
Farelo de Soja	37,410	34,995	32,635	29,967	37,410	34,995	32,635	29,967
Óleo de Soja	1,615	2,409	4,157	5,091	1,615	2,405	4,157	5,091
Fosf. Bicálcico	0,992	0,853	0,693	0,537	0,992	0,853	0,693	0,537
Calcário	0,729	0,737	0,752	0,762	0,729	0,737	0,752	0,762
MHA-Metionina <sup>1</sup>	0,322	0,301	0,279	0,256	0,322	0,301	0,279	0,256
L-Lisina HCl 78	0,184	0,190	0,192	0,199	0,184	0,190	0,192	0,199
L-Treonina 98	-	0,002	0,004	0,006	-	0,002	0,004	0,006
Px Vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,080	0,050	0,100	0,100	0,080	0,050
Px Mineral <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cl-Colina 60%	0,096	0,086	0,077	0,077	0,096	0,086	0,077	0,077
Fitase 10.000ftu/g	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Enramicina 8%	-	-	0,012	0,006	-	-	0,012	0,006
Colistina 8%	0,012	0,012	-	-	0,012	0,012	-	-
Butirato de sódio	0,050	0,050	-	-	0,050	0,050	-	-
Bacillus subtilis	-	-	0,030	0,030	-	-	0,030	0,030
Narasina 10%	-	0,070	0,070	-	-	0,070	0,070	-
Salinomicina 12%	0,050	-	-	-	0,050	-	-	-
Antioxid. Banox	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Sal	0,459	0,452	0,446	0,429	0,059	0,038	0,011	0,005
BalEq NaK <sup>5</sup>	-	-	-	-	0,808	0,805	0,848	0,824
Inerte+vit D <sup>6</sup>	0,438	0,420	0,443	0,430	0,411	0,030	0,030	0,030
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,00</b>	<b>100,000</b>	<b>100,00</b>

Níveis Nutricionais Calculados

Prot Bruta (%)	21,761	20,805	19,795	18,744	21,761	20,805	19,795	18,744
EMAn (Kcal/kg)	2950	3025	3150	3240	2950	3025	3150	3240
Calcio (%)	0,698	0,659	0,617	0,575	0,698	0,659	0,617	0,575
Fósforo Disp. (%)	0,318	0,286	0,248	0,212	0,318	0,286	0,248	0,212
Lisina (%)	1,308	1,249	1,186	1,122	1,308	1,249	1,186	1,122
Met+Cis (%)	0,939	0,896	0,850	0,803	0,939	0,896	0,850	0,803

Treonina (%)	0,850	0,814	0,777	0,738	0,850	0,814	0,777	0,738
Sódio (%)	<b>0,215</b>	<b>0,208</b>	<b>0,201</b>	<b>0,193</b>	<b>0,215</b>	<b>0,208</b>	<b>0,201</b>	<b>0,193</b>
Potássio (%)	<b>0,852</b>	<b>0,901</b>	<b>0,864</b>	<b>0,814</b>	<b>1,017</b>	<b>1,070</b>	<b>0,940</b>	<b>0,887</b>
Cloro (%)	<b>0,391</b>	<b>0,392</b>	<b>0,386</b>	<b>0,376</b>	<b>0,297</b>	<b>0,299</b>	<b>0,276</b>	<b>0,265</b>
BEL (mEq/kg)	<b>220</b>	<b>210</b>	<b>200</b>	<b>185</b>	<b>290</b>	<b>280</b>	<b>270</b>	<b>255</b>

<sup>1</sup>MHA Metionina Hidroxi Análoga; <sup>2</sup>BHT 10% - Butil hidroxi tolueno (antioxidante).

<sup>2</sup>Premix vitamínico (Roche/DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A 10.000.000 UI; Vit. E 40.000 UI; Vit. K<sub>3</sub> 3.000mg; Vit B<sub>1</sub> 2.000mg; Vit B<sub>2</sub> 7.000mg; Vit. B<sub>6</sub> 5.000mg; Vit. B<sub>12</sub> 20.000µg; Ac. Fólico 1.500mg; Ac. Pantotênico 15.000 mg; Niacina 50.000mg; Biotina 100mg; Selênio 300mg, Anti-oxidante 125mg.

<sup>3</sup>Premix micromineral (Roche/DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Mn 80.000mg; Zn 80.000mg; Fe 60.000mg; Cu 10.000mg; I 1.000mg; Co 1.000 mg.

<sup>4</sup>Vitamina D<sub>3</sub> 25-OHD<sub>3</sub> (11.040 UI/g) – Inclusão de 0,0255% ou 255g/t para obter 2800 UI/kg de ração ; 1,25 (OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (400UI/g) - Inclusão de 0,020% ou 200g/t para obter 80 UI/kg de ração.

<sup>5</sup>Baleq NaK: níveis de garantia; Teor de NaHCO<sub>3</sub> – mínimo de 41%; Teor de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – mínimo de 9,5%; Umidade - mínimo de 2%; Metais Pesados (como Pb) – máximo de 5ppm; Teor de K<sup>+</sup> - mínimo de 19,5%; Teor de Na<sup>+</sup> - mínimo de 18,5%; Ferro (como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – máximo de 30ppm.

As rações experimentais, para cada fase, foram isonutrientes, com exceção dos níveis de K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e vitamina D, que constituíram os tratamentos.

As rações experimentais foram preparadas e estocadas em sacos de nylon e armazenadas em sala isenta de incidência de luz solar. Os tratamentos foram sorteados para cada parcela experimental e as rações, água foi fornecida à vontade em todo o período experimental.

A temperatura e umidade foram monitoradas diariamente por meio de termo-higrometro, localizado na parte central do galpão. A partir dos dados coletados diariamente foram calculadas as médias semanais de temperatura mínima e máxima e às 16 horas e umidade relativa, cujos valores encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Médias de temperatura (C°), e umidade relativa (UR), no interior do galpão a cada semana do experimento.

Semana	Temperatura			UR
	Mínima	Máxima	16horas	
1 <sup>a</sup>	24.3	30.0	28.7	78
2 <sup>a</sup>	23.4	27.8	26.0	83
3 <sup>a</sup>	22.3	26.7	25.0	88
4 <sup>a</sup>	22.3	27.8	25.6	86
5 <sup>a</sup>	21.4	28.6	26.8	85
6 <sup>a</sup>	21.3	28.6	26.5	87

O município de cruz das almas apresenta temperaturas mais amenas e umidade relativa alta durante os meses de abril a agosto. Época de realização do experimento.

As pesagens das aves foram efetuadas no alojamento, 10, 21, 35 e 41<sup>o</sup> dias de idade, obtendo dessa forma o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar nos períodos de 1 a 10, 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 41 dias de

criação. A mortalidade foi monitorada diariamente para cálculo da viabilidade de criação e correção do consumo e conversão alimentar, considerando a data da mortalidade para calcular o número de aves corrigido, seguindo recomendações propostas por (Sakomura; Rostagno, 2007).

Aos 21 de idade, 48 frangos foram abatidos (uma ave por parcela, totalizando 6 por tratamento) por deslocamento cervical para coleta da tíbia visando a determinação dos teores de cinzas ósseas. Para esta finalidade, logo que as aves foram abatidas, os ossos foram retirados, identificados, descarnados sem injúrias e, então armazenados imediatamente em freezer para posterior realização das análises.

Aos 35 dias de criação foram coletados três mililitros de sangue de 3 aves por parcela experimental. O material foi obtido através da veia (Radial ulnar) da asa, armazenado em tubos contendo anticoagulante (Heparina) e rapidamente levados ao laboratório para centrifugação a 3000 rotações por minuto durante quinze minutos para o plasma dos demais constituintes do sangue, sendo estes alocados em ependorfs e posteriormente armazenados em um freezer específico objetivando-se analisar níveis de cálcio e fósforo.

Aos 42 dias três aves por parcela foram abatidas às quais foram selecionadas no dia anterior (41 dias de idade) ao final da pesagem (desempenho), sendo duas aves utilizadas para determinação de rendimento de cortes (rendimento de carcaça, rendimento de peito, rendimento de coxa sobrecoxa). Tanto as aves abatidas aos 21 dias como aquelas abatidas com 42 apresentavam peso médio da unidade experimental com uma variação máxima de 2%.

A avaliação do rendimento de cortes foi realizada por meio da pesagem individual das aves antes do abate (peso vivo), após período de jejum de aproximadamente 8 horas, seguida de sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e repouso da carcaça em gelo por duas horas. O rendimento de carcaça foi obtido pela relação entre o peso da carcaça (sem vísceras, pés, cabeça e pescoço) e o peso vivo, ao passo que o rendimento de peito e de coxa + sobrecoxa foi obtido pela relação entre seu respectivo peso e o peso da carcaça. Da outra ave abatida aos 42 dias foram coletadas individualmente as tíbias,

descarnadas sem injúrias aos ossos, identificadas e armazenadas imediatamente em freezer para análises de cinzas ósseas.

Aos 28 e 41 dias experimentais foram realizadas duas coletas de cama de frango, cerca de 200g de amostras de cama. As coletas foram realizadas em três pontos diferentes da parcela experimental para obter uma melhor homogeneização da amostra e transferidas para bandejas de alumínio e posteriormente levadas para uma estufa ventilada, por um período de 72 horas para determinação de e matéria seca da cama.

### **3.5 Análises laboratoriais dos tecidos e outras**

As avaliação dos características ósseos, as pernas esquerdas de duas aves por unidade experimental foram coletadas aos 21 e 42 dias de idade e permaneceram congelados (-20° C) até o início das análises.

Após o descongelamento das pernas, o tecido muscular aderido foi retirado com auxílio de tesouras e pinças, separando os fêmures e as tíbias. As tíbias foram pesadas em balança analítica ( $g \pm 0,0001$ ) e o comprimento foi medido na porção média usando paquímetro.

Com o peso do osso seco e seu comprimento foi calculado o Índice de Seedor (Seedor et al. 1991 – peso do osso expresso em MG, dividido pelo comprimento do osso expresso em mm) que é utilizado como indicativo da densidade óssea, quanto maior o índice de Seedor maior a densidade da pesa óssea e vice-versa foi calculado segundo a fórmula:

A análise de cinza óssea foi realizada no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Para tanto, os ossos foram desengordurados em éter de petróleo, secos em estufa de ventilação forçada, triturados e pesados em balança analítica (0,001g). Posteriormente foram secos em estufa a 105°C por 12 horas, pesados após atingirem temperatura ambiente e calcinados em mufla a 600°C por 12 horas, para obtenção das cinzas, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz, (2002).

Para a análise de Matéria Seca as amostras de cama foram pesadas e armazenadas em estufa ventilada (55°C), por um período de 72 horas, trituradas em moinho de facas e pesadas em balança analítica (0,002g). Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa 105° por 8 horas, pesados após atingirem

temperatura ambiental no dessecador determinando-se MS total, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Para a determinação de cálcio e fósforo no plasma, as análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Imunologia Veterinária da UFRB, através dos kits comerciais da marca Doles. A leitura de cálcio e fósforo foi feita através do espectrofotômetro SENTON FEMTO 700 Plus.

### 3.6 Análise estatística

O modelo estatístico adotado será apresentado a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + V_j + BV_{ij} + e_{(ij)k}$$

Sendo:

$Y_{ijk}$  = Valor observado na variável analisada do balanço eletrolítico  $i$  e programa de vitamina  $j$ , na repetição  $k$ ;

$\mu$  = Média geral do experimento

$B_i$  = Efeito do balanço eletrolítico  $i$ , sendo  $i = 1$  e  $2$ ;

$V_j$  = Efeito do programa de vitamina D  $j$ , sendo  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$(BV)_{ij}$  = Efeito da interação entre o balanço eletrolítico " $i$ " e vitamina D " $j$ ";

$e_{(ij)k}$  = Erro associado a cada observação que, por suposição, é NID  $(0, \sigma^2)$ .

Os resultados organizados e tabulados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software Sistema de análise de variância para dados balanceados (SISVAR), descrito por Ferreira (2000), avaliou-se inicialmente a significância da interação entre os fatores ( $\alpha = 5\%$ ) e posteriormente efeitos dos fatores isolados. Utilizou-se o teste de Tukey para avaliar diferenças entre as médias geradas pelos diferentes programas de suplementação de vitamina D e o teste F para os diferentes níveis de Balanço Eletrolítico.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Desempenho

#### 4.1.1 Desempenho na fase inicial (1-21 dias)

Na fase pré-inicial (1-10 dias), não houve interação ( $p>0,05$ ) entre os programas de balanço eletrolítico (BEL) e programas de suplementação de vitamina D (PSVD), sobre as características de consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). Porém houve interação ( $p<0,05$ ) entre os fatores para GP na fase pré-inicial. Os resultados referentes a esta fase estão apresentados na Tabela 5.

O desdobramento da interação indicou que aves alimentadas com rações contendo vitamina D<sub>3</sub> adicional apresentaram menor ( $p<0,05$ ) GP entre os PSVD avaliados dentro do BEL normal. Não houve diferenciação ( $p>0,05$ ) entre os PSVD para esta característica no BEL alto. No entanto, o desdobramento de BEL dentro de cada PSVD demonstrou que aves alimentadas com BEL alto apresentaram maior GP ( $p<0,05$ ) comparadas com aquelas provenientes de BEL normal, em função da suplementação adicional de vitamina D<sub>3</sub>. Nos demais PSVD não houve diferenciações entre os BEL para esta fase.

Constatou-se que os níveis de BEL dentro de cada PSVD afetou as características de desempenho das aves nesse período, de modo que aquelas que tiveram suas rações suplementadas com BEL alto (290, 280, 270 e 255 mEq/kg) apresentaram maior ganho de peso em função da suplementação de vitamina D<sub>3</sub>.

A suplementação dos diferentes metabólitos em conjunto com BEL é uma forma de maximizar o desempenho das aves, uma vez que proporciona aos animais uma forma de armazenamento da vitamina D. Os metabólitos atuarão em conjunto com a vitamina D e estes agirão de forma a reduzir gastos energéticos e potencializar resultados.

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programas de suplementação de vitamina D, na fase 1-10 dias.

BEL	Desempenho de 1-10 (g/ave)		
	CR	GP <sup>1</sup>	CA
Normal	309.8	244,3b	1,282
Alto	313.4	244,4a	1,268

Fonte de Vitamina D				
Controle		310,7	244,7	1,269
D <sub>3</sub>		311,0	242,8	1,281
25-OH-D <sub>3</sub>		311,9	246,5	1,269
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>		312,7	243,4	1,281
BEL	Vitamina D <sub>3</sub>			
Normal	Controle	312,9	246,4a	1,270
Normal	D <sub>3</sub>	309,0	237,8b	1,299
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	315,0	248,7a	1,267
Normal	1,25-OH-D <sub>3</sub>	316,7	244,6ab	1,294
Alto	Controle	308,4	243,0	1,269
Alto	D <sub>3</sub>	313,0	247,8	1,263
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	310,7	244,3	1,271
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	307,2	242,2	1,268
CV%		2,06	2,24	2,19
Probabilidade				
<b>*BEL</b>		0,0592	0,9670	0,0756
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,8360	0,3749	0,5505
<b>Interação</b>		0,9561	0,0081	0,2347

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05)

<sup>2</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna, diferentes, diferem estatisticamente.

Esse resultados diferem dos obtidos por Vieites et al. (2004), que avaliando diferentes níveis de balanço eletrolítico em rações sem adição de vitamina D para frangos de corte no período de 1 a 42 dias, encontraram maior ganho de peso com o balanço de 129 e 136 mEq/kg. Para o consumo de ração, o melhor valor de BEL foi de 167 mEq/kg.

Os resultados referentes ao consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves na fase inicial (1-21 dias), estão apresentados na Tabela 6.

Não houve interação (p>0,05) entre os fatores em estudo (BEL x PSVD) para as características de desempenho na fase inicial. Da mesma forma os diferentes PSVD de forma isolada, não influenciaram (p>0,05) as características de desempenho no mesmo período avaliado. A conversão alimentar não foi afetada (p>0,05) pelo BEL dietético isoladamente.

Por outro lado, o uso de alto BEL reduziu significativamente (p<0,05) o consumo de ração e o ganho de peso das aves em comparação com os frangos que receberam as rações com BEL normal. O padrão do comportamento do CR em função do nível de balanço eletrolítico obtido no presente estudo ajuda a explicar os resultados observados para ganho de peso, uma vez que, o maior consumo de alimento resulta em maior ingestão de nutrientes, sustentando uma

maior taxa de crescimento do frango e possibilitando, em consequência, um maior ganho de peso.

Uma possível explicação pode está associada aos teores mais elevados de  $K^+$  utilizado na ração do BEL alto. De acordo com Vieites et al. (2004), quando há excesso de potássio, o organismo deixa de eliminar prótons  $H^+$  para eliminar o cátion  $K^+$ , numa tentativa de compensar a alcalose metabólica no organismo. A resposta fisiológica poderia ser a inibição do consumo de ração e a ingestão de nutrientes, o que afetaria, consequentemente, o desempenho das aves.

**Tabela 6.** Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programas de suplementação de vitamina D, na fase de 1-21 dias.

BEL	Desempenho de 1-21 (g/ave)			
	CR	GP <sup>1</sup>	CA	
Normal	1394,26a	988,14a	1,411	
Alto	1374,58b	969,54b	1,418	
Fonte de Vitamina D				
Controle	1377,5	979,9	1,406	
D <sub>3</sub>	1380,1	977,5	1,411	
25-OH-D <sub>3</sub>	1393,3	985,4	1,414	
1,25-OH-D <sub>3</sub>	1386,7	972,5	1,426	
BEL	Vitamina D <sub>3</sub>			
Normal	Controle	1384,8	990,9	1,397
Normal	D <sub>3</sub>	1388,4	979,0	1,418
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	1408,4	1004,4	1,402
Normal	1,25-OH-D <sub>3</sub>	1395,4	978,2	1,427
Alto	Controle	1370,2	968,9	1,414
Alto	D <sub>3</sub>	1371,9	976,0	1,405
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	1378,1	966,4	1,425
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	1378,1	966,8	1,427
CV%		1,28	1,99	1,76
Probabilidade				
<b>*BEL</b>		0,0033	0,0020	0,3604
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,3008	0,4442	0,2538
<b>Interação</b>		0,8092	0,1608	0,2774

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05)

De forma similar Borges et al. (2003), avaliando níveis crescentes de balanço eletrolítico (40 a 340 mEq/kg) para frangos mantidos em ambiente termoneutro, na fase de 1 a 21 dias de idade, relataram maior consumo de ração e ganho de peso para as aves alimentadas com a ração contendo 240 mEq/kg, valor semelhante aos de 220 e 210 mEq/kg, respectivamente para o período de 1



a10 e de 11 a 21 dias, que proporcionaram o melhor desempenho para os frangos de corte no presente estudo.

No entanto, Vieites et al. (2011) verificaram que frangos de corte, durante a fase inicial, criados em região de clima quente, expressaram melhor desempenho quando alimentados com rações com balanço eletrolítico de 192 mEq/Kg, o que permite inferir que as condições climáticas para o período do ano ou época de realização do experimento (clima ameno) no Recôncavo Baiano com condições próximas à termoneutralidade para aves, pode ter influenciado os resultados obtidos.

Szabó et al. (2011), verificaram que aves obtiveram melhores resultados de desempenho na fase de 1 a 21 dias quando alimentadas com ração com nível de BEL de 175 mEq / kg.

Com relação aos programas de suplementação de vitamina D, os resultados encontrados para a fase inicial contradizem os resultados de desempenho obtidos por Rao et al. (2006), que verificaram aumento no ganho de peso e melhor eficiência alimentar quando frangos de corte foram submetidos a ração com níveis de 60 µg/kg (2.400 UI/kg) e 90 µg/kg (3.600 UI/kg) de vitamina D<sub>3</sub>, durante a fase inicial.

Ainda em relação à vitamina D, os resultados deste estudo diferem dos encontrados por Garcia et al. (2013) que verificaram maior ganho de peso para aves alimentadas com rações suplementadas com 1,25OH<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, com valores intermediários de ganho para vitamina D<sub>3</sub>, em detrimento à 25-OHD<sub>3</sub>. Há que se ressaltar que as dosagens usadas pelos autores foram inferiores (2000 UI/kg de ração) à soma da suplementação no presente experimento, o que justificar as diferenças entre os resultados obtidos.

Por outro lado, Khan et al. (2010) observaram que aos 42 dias de idade, frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com 3.500 UI/kg (87,5 µg/kg) de vitamina D<sub>3</sub> inativa tiveram ganho de peso maior que aqueles que receberam 200, 1500 e 2500 UI/kg da vitamina. Os autores ressaltaram que ao trabalhar com redução dos níveis de cálcio e fósforo o requerimento nutricional de vitamina D<sub>3</sub> das aves aumenta consideravelmente.

#### 4.1.2 Desempenho na fase de engorda e período integral (1- 41)

Os resultados referentes ao desempenho acumulado na fase de crescimento (1-35 dias) estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programas de suplementação de vitamina D, na fase de 1-35 dias.

BEL	Desempenho de 1-35 (g/ave)			
	CR	GP <sup>1</sup>	CA	
Normal	3582,44a	2242,40a	1,597	
Alto	3539,31b	2214,18b	1,598	
Fonte Vitamina D				
Controle	3545,1	2215,4	1,600	
D <sub>3</sub>	3548,9	2227,5	1,593	
25-OH-D <sub>3</sub>	3576,5	2247,8	1,591	
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	3573,0	2222,4	1,607	
BEL	Vitamina D <sub>3</sub>			
Normal	Controle	3564,4	2232,48	1,599
Normal	D3	3563,8	2235,16	1,594
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	3611,5	2272,65	1,586
Normal	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	3590,6	2229,32	1,610
Alto	Controle	3525,7	2198,31	1,602
Alto	D <sub>3</sub>	3534,6	2219,95	1,593
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	3541,5	2222,93	1,594
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	3555,4	2215,53	1,604
CV%				
Probabilidade				
<b>*BEL</b>	0,0234	0,0317	0,8843	
<b>Vit D<sub>3</sub></b>	0,5102	0,3198	0,2783	
<b>Interação</b>	0,8580	0,7160	0,8767	

BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação;

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúsculas e minúsculas, diferentes, na coluna e na linha, respectivamente diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ );

Não houve interação ( $p > 0,05$ ) para as características de desempenho (CR, GP e CA) entre os fatores em estudo. Na fase de engorda 1 a 35 dias os efeitos negativos do BEL alto sobre o desempenho na primeira fase foram observados também na fase de crescimento. Resultados demonstraram que as aves alimentadas com o BEL normal obtiveram um maior GP ( $p < 0,05$ ) em função também de um maior CR no período. Resultados de CA ( $p < 0,05$ ) das aves não foram influenciados significativamente ( $p > 0,05$ ) pelos diferentes programas de BEL dietético, tampouco, pelos diferentes PSVD isoladamente, o que confirma o pressuposto anterior, de que o maior ganho de peso das aves alimentadas com as rações contendo nível normal de BEL foi devido ao maior consumo de alimento e, conseqüentemente, a maior ingestão de nutrientes.

Não houve interação ( $p>0,05$ ) para as características de (CR, CA, GP) entre os fatores em estudo na fase de 1 a 41 de vida. Da mesma forma os diferentes PSVD de forma isolada, não influenciaram ( $p>0,05$ ) as características de desempenho no mesmo período avaliado. A conversão alimentar não foi afetada ( $p>0,05$ ) pelo BEL dietético isoladamente. Resultados apresentados na tabela 8.

Observou-se efeito significativo ( $p<0,05$ ) em função do uso de diferentes programas de BEL para as características de desempenho (CR e GP). Aves alimentadas com BEL Normal obtiveram um melhor GP em função do aumento no CR.

Os resultados encontrados nesse estudo diferem dos obtidos por Arantes et al. (2013), ao verificarem níveis de BEL (200, 240 e 320) não obtiveram resultados significativo ( $p>0,05$ ) para as características de desempenho e corroboram com Garcia et al. (2013), observaram que o desempenho de frangos de corte alimentados com vitamina D<sub>3</sub> e seus metabolitos (D<sub>3</sub>, 25OHD<sub>3</sub>, 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, na fase de 1 a 41 dias, não foi influenciado ( $p>0,05$ ) pelo fontes de vitamina D.

**Tabela 8.** Desempenho de frangos de corte submetidos à diferentes balanços eletrolíticos, associados com programas de suplementação de vitamina D, na fase de 1-41 dias.

BEL	Desempenho de 1-41 (g/ave) e Viabilidade de Criação				
	CR	GP <sup>1</sup>	CA	VC <sup>1</sup>	
Normal	4948,91a	2894,55a	1,70	9596	
Alto	4887,34b	2857,75b	1,71	96,83	
Fonte Vitamina D					
Controle	4897,71	2850,97	1,71	94,16	
D <sub>3</sub>	4903,07	2880,88	1,70	96,11	
25-OH-D <sub>3</sub>	4932,58	2897,80	1,70	97,22	
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	4939,13	2874,95	1,71	97,50	
BEL	Vitamina D				
Normal	Controle	4919,52	2882,83	1,70	96,66A
Normal	D <sub>3</sub>	4927,69	2895,17	1,70	96,11
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	4986,59	2921,03	1,70	97,77
Normal	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	496184	2879,18	1,71	96,11
Alto	Controle	4875,90	2819,12	1,72	91,66B
Alto	D <sub>3</sub>	4878,57	2866,59	1,70	96,11A
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	4878,57	2874,57	1,69	96,66A
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	4916,43	2870,73	1,71	98,88A
CV%		1,82	1,88	1,59	2,83
Probabilidade					
<b>*BEL</b>		0,0220	0,0233	0,9272	0,2952
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,5901	0,2187	0,2717	0,0191
<b>Interação</b>		0,7813	0,6330	0,3907	0,0112

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Na tabela 9, apresenta-se o desdobramento da interação para viabilidade de criação.

Tabela 9. Viabilidade de criação de frangos de corte submetidos à diferentes BEL, associados com PSVD, na fase de 1-41 dias..

BEL <sup>*</sup> (mEq/kg)	Viabilidade 1-41 dias (g/ave) <sup>1</sup>				
	Programa de suplementação de vitamina D (fonte/nível)				
	Basal	D3 (70µg/k)	25-OHD3 (70µg/kg)	1,25(OH) <sub>2</sub> D3 (2µg/kg)	Média
Normal	96,67A	96,11	97,79	96,11	96,66
Alto	91,66bB	96,11a	96,67a	98,89a	95,83
Média	94,17b	96,11ab	97,22a	97,50a	96,250
CV <sup>*</sup> (%)			2,83		

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Observou-se interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores em estudo para viabilidade de criação. Aves submetidas ao BEL normal demonstraram em seus resultados que não foram afetadas ( $p > 0,05$ ) pelas diferentes fontes de suplementação adicional de vitamina D no período 1 a 41 dias. Por outro lado, quando se utilizou BEL alto, houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da viabilidade de criação para o grupo de aves onde não houve suplementação adicional de vitamina D. Neste mesmo sentido uma eventual escolha pela não suplementação adicional de vitamina D implicaria na necessidade de uso do BEL normal para manutenção da viabilidade de criação. De forma generalizada resultados de VC foram impactados principalmente pela refugagem e problemas de pernas.

#### 4.2 Características de carcaça e cama de frango

Os resultados do rendimento de cortes (rendimento de carcaça – RC; rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa - RCS) e MS da cama estão apresentados na Tabela 10.

Não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os BEL e PSVD avaliados para nenhuma das características de carcaça.

Não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para o rendimento de coxa/sobrecoxa entre os níveis de balanço eletrolítico e níveis/fontes de vitamina D, esses resultados estão de acordo com os encontrados por Vieites et al. (2014), ao avaliarem rendimento de carcaça e cortes nobres das aves abatidas

aos 42 dias de idade submetidos a ração com níveis de vitamina D<sub>3</sub> (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5µg) observaram que essas características não foram influenciadas pelos níveis de vitamina D<sub>3</sub>. As médias de rendimentos de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa e asa foram: 70,17%; 37,09%; 14,08%; 18,31% e 10,44%, respectivamente.

Uma possível explicação é que tenha ocorrido uma melhora na mineralização óssea. A suplementação de vitamina D<sub>3</sub> nas rações de frangos de corte pode estar diretamente relacionada a uma diminuição de perdas de carcaças em frigoríficos em função de fraturas e/ou desordens locomotoras.

Da mesma forma, nenhum dos programas de balanço eletrolítico em estudo como as diferentes níveis/fontes de suplementação de vitamina D<sub>3</sub> afetaram ( $p>0,05$ ) o rendimento de peito e rendimento de coxa + sobrecoxa.

Portanto, mais estudos são necessários para se conhecer as respostas das aves consumindo níveis de BEL e níveis/fontes de vitamina D<sub>3</sub> e em quais condições a sua suplementação poderia melhorar o rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte.

Tabela 10. Avaliação de características de carcaça (rendimento de carcaça – RC; rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa - RCS) de frangos de corte aos 42 dias e Matéria Seca da Cama, submetido a rações contendo dois programas de balanço eletrolítico e quatro níveis/fontes de suplementação de vitamina D.

BEL	Rendimento de Carcaça aos 42d e Matéria seca da cama aos 28 e 41d					
	RC(%)	RP(%)	RCS(%)	MS 28 d	MS 41d	
Normal	74,80	37,72	30,92	49,94a	46,61	
Alto	74,94	38,38	30,58	46,90b	45,01	
Fonte Vitamina D						
Controle	74,99	38,05	30,58	49,59	46,23	
D <sub>3</sub>	74,83	37,44	30,80	47,77	45,73	
25-OH-D <sub>3</sub>	75,31	38,46	30,35	48,64	44,76	
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	74,34	38,26	31,27	47,68	46,53	
BEL	Vitamina D					
Normal	Controle	75,21	37,71	30,51	50,91	47,00
Normal	D <sub>3</sub>	75,03	37,43	30,87	49,95	45,82
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	74,70	38,25	30,69	50,11	46,15
Normal	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	74,26	37,49	31,61	48,79	47,48
Alto	Controle	74,78	38,39	30,65	48,26	45,47
Alto	D <sub>3</sub>	74,63	37,45	30,73	45,59	45,63
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	75,92	38,67	30,01	47,18	43,37
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	74,42	39,02	30,92	46,56	45,57
CV%		1,30	3,68	5,00	5,59	8,33
<b>BEL</b>		0,6295	0,1078	0,4459	0,0004	0,1541
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,1212	0,3274	0,5139	0,2870	0,6873
<b>Interação</b>		0,1459	0,6103	0,8839	0,7896	0,8702

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ )

Não houve interação ( $p>0,05$ ) entre os níveis de balanço eletrolítico e programas de suplementação de vitamina D, sobre as características de cama de frango aos 28 e 41 dias de vida das aves.

Apenas o teor de matéria seca (MS) da cama aos 28 dias de idade das aves foi influenciado ( $p<0,05$ ) pelo nível de balanço eletrolítico, sendo que as rações dos frangos de corte com maior BEL resultaram em cama com menor MS. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2010) e Arantes et al. (2013) que observaram redução no teor da matéria seca da cama de frango com o aumento do balanço eletrolítico da ração.

Em acordo, Vieites et al. (2005) relataram aumento da umidade da cama de frango quando as aves foram alimentadas com rações contendo balanços eletrolíticos altos e baixos. Segundo os autores, o aumento no consumo de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$ , com as rações contendo alto nível de balanço eletrolítico, provavelmente, resultou em aumento na ingestão de água pelo frango e, em consequência, do teor de água eliminado nas excretas das aves, o que pode ter contribuído para o aumento da umidade da cama.

No entanto, os diferentes PSVD de forma isolada, não influenciaram ( $p>0,05$ ) a porcentagem de MS da cama de frango em ambos os períodos avaliados.

Por outro lado, o uso de BEL normal aumentou ( $p<0,05$ ) o teor de MS aos 28 dias em comparação com o BEL alto. Esses resultados diferem dos encontrados por Vietes et al. (2005), porém corroboram com os observados por Oliveira et al. (2010). Ainda não há consenso sobre melhores valores de balanço eletrolítico da dieta (BEL para obter uma qualidade da cama). Entretanto, está estabelecido que o Balanço eletrolítico influencia a umidade da cama das aves.

Possível explicação sobre a diminuição do teor de MS da cama aos 28 dias pode está associada ao sal eletrolítico  $\text{K}^+$  fornecido na ração. O programa de BEL alto apresenta teor de  $\text{K}^+$  mais elevado em relação ao programa de BEL normal. Aves têm exigência para  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e esses eletrólitos monovalentes são fornecidos por ingredientes naturais e sais eletrolíticos, e qualquer alteração dietética de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  ira aumentar o consumo de água e, conseqüentemente, a umidade e a densidade das camas. Borges (2001) também afirmou que o

consumo de água depende do BEL e que o aumento do consumo de água causado pelo aumento do BEL é necessário para manter o balanço osmótico causado pela maior ingestão de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  uma vez que a pressão osmótica do sangue é um fator que regula a sede em aves. Dai a importância de se encontrar um ponto ótimo de BEL que regule o consumo de água e mantenha a cama mais seca.

Problemas associados com cama úmida tais como aumento da umidade relativa do ar, aumentado peso e volume da cama que dificulta o manejo, espaço para armazenagem, maiores custos para remoção, desenvolvimento de moscas, maior volatilização de amônia, dermatites nos coxins plantares e queimaduras no peito das aves, doenças respiratórias, entre outros poderão ser evitados com o BEL ótimo (Francesch; Brufau, 2004).

Estes resultados auxiliam a explicar piores resultados de desempenho de aves submetidas ao balanço eletrolítico alto.

Os resultados obtidos no presente trabalho, para as características acima discutidas, diferem dos encontrados por Arantes et al. (2013) e Oliveira (2010), verificaram que o teor de MS reduziu com o uso dos diferentes níveis de BEL (200, 240 e 280) e valores maiores 320 mEq/kg apresentaram camas mais úmidas.

#### **4.3 Características ósseas e níveis plasmáticos de cálcio e fósforo**

Os resultados das cinzas nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, aos 21 e 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 11.

Observou-se que não houve interação ( $p>0,05$ ), entre os fatores em estudo BEL e PSVD ou efeito das fontes de vitamina D ( $p>0,05$ ) sobre o teor de cinzas nas tíbias aos 21 e 42 dias. Por outro lado houve efeito significativo ( $p<0,05$ ) nos diferentes programas BEL da dieta. Sendo que aves submetidas à ração com balanço eletrolítico normal aos 21 dias de idade obtiveram pesos de cinzas maiores em relação às alimentadas com BEL alto.

O peso das cinzas apresentou comportamento semelhante ao observado em ganho de peso aos 21 dias de idade. Aves que tiveram maior ganho de peso apresentaram maior peso de cinzas

Tabela 11. Avaliação de cinzas (%), peso das cinzas (g) na tíbia aos 21 e 42 d respectivamente e concentração de cálcio e Fósforo no Plasma das aves aos 35 d, submetidos a dois níveis de balanço eletrolítico e quatro níveis/programas de suplementação de vitamina D.

BEL		Cinzas(%) 21d	Cinzas <sup>1</sup> Peso(g) 21d	Cinzas(%) 42d	Cinzas Peso 42d(g)	Cálcio <sup>1</sup> 35d (mg/dL)	Fósforo 35 d (mg/dL)
Normal		52,39	0,95a	57,12	3,20	9,3b	5,36
Alto		52,97	0,89b	56,45	3,13	9,7a	5,29
Vitamina D							
Controle		52,00	0,92	57,25	3,26	9,5	5,27
D <sub>3</sub>		52,49	0,92	57,03	3,30	9,6	5,03
25-OH-D <sub>3</sub>		52,45	0,92	55,99	3,11	9,4	5,38
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>		52,78	0,92	56,86	3,00	9,6	5,61
BEL	Vit D <sub>3</sub>						
Normal	Controle	51,75	0,92	57,74	3,37	9,5	5,19
Normal	D <sub>3</sub>	52,44	0,97	57,82	3,36	9,1	5,16
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	52,71	0,94	56,45	3,13	9,1	5,62
Normal	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	52,66	0,96	56,46	2,95	9,3	5,46
Alto	Controle	52,25	0,91	56,77	3,15	9,6	5,35
Alto	D <sub>3</sub>	52,53	0,87	56,24	3,23	9,8	4,90
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	54,19	0,91	55,53	3,10	9,6	5,14
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	52,90	0,87	57,26	3,05	9,8	5,77
CV%		4,48	8,24	3,72	11,72	5,83	19,30
Probabilidade de							
<b>*BEL</b>		0,4016	0,0082	0,2770	0,5144	0,0080	0,8184
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,5066	0,9845	0,4899	0,1894	0,8162	0,5806
<b>Interação</b>		0,8893	0,4325	0,5536	0,7558	0,7043	0,7713

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05)

Sabe-se que o efeito do balanço eletrolítico é dependente do tipo e da quantidade de cátion manipulado na dieta (Oviedo Rondon et al., 1999; Johnson; Karunajeewa, 1985). Os principais íons envolvidos no balanço eletrolítico são os cátions (Na<sup>+</sup>), (K<sup>+</sup>), e o anion (Cl<sup>-</sup>), porque estão em maior quantidade, e por apresentarem maior taxa de absorção por causa do maior grau de permeabilidade exibido pela membrana intestinal Macari et al. (2008). Tendo-se em conta que os ossos possuem grandes quantidades destes íons monovalentes, principalmente sódio e potássio Partience, (1990), alterações destes íons na dieta podem interferir diretamente no conteúdo destes elementos nos ossos e alterar suas propriedades físicas e químicas.

O Estes resultados auxiliam a explicar os melhores GP no BEL normal em relação ao BEL alto na fase de 1 a 21 dias de idades.

Por outro lado, as fontes/níveis de vitamina D não influenciaram no peso e percentagem de cinzas da tíbia, no entanto alguns estudos mostram que as fontes/níveis de vitamina D proporciona um aumento no teor cinzas, ou seja,



maior absorção de minerais como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Ca}^{++}$  pelo osso. Contudo, Fritts & Waldroup (2003) ao avaliarem diferentes níveis de colecalciferol (vitamina  $\text{D}_3$ ) e  $25\text{-OHD}_3$  em frangos de corte de 1 a 42 dias de idades, observaram que tanto a fonte de  $25\text{-OHD}_3$  quanto os níveis mais altos de vitamina  $\text{D}_3$  aumentaram o teor de cinzas nas tíbias aos 21 e 42 dias de idade. Portanto a suplementação de níveis/fontes de vitamina D, pode influenciar o teor de cinzas ósseas das aves.

Os resultados referentes a níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, aos 35 dias de idade, estão apresentados na Tabela 11.

Não houve interação ( $p>0,05$ ) entre os fatores em estudo balanço BEL X PSVD nas concentrações de cálcio e fósforo no plasma. Como também não foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) para os diferentes programas/fontes de vitamina D.

No entanto, observou-se diferenças significativas ( $p>0,05$ ) somente na concentração plasmática de cálcio, onde aves que receberam ração com níveis de BEL alto (290, 280, 270, 255mEq/Kg) obtiveram maiores concentração de cálcio plasmático. O fósforo plasmático não foi influenciado pelo balanço eletrolítico, tampouco pelas fontes de vitamina D.

Essas alterações nos níveis de cálcio no sangue de frangos de corte em resposta a modificações do BEL na ração foram relatadas também por Vieites et al. (2004), ao avaliarem diferentes níveis de BEL (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350mEq/Kg), os tratamentos com os os maiores valores de BEL apresentaram as maiores concentrações de cálcio no sangue. Segundo esses autores, o aumento pode representar maior mobilização óssea desses minerais por ação hormonal, com a finalidade de disponibilizar mais eletrólitos no sangue para serem utilizados por mecanismos compensatórios de regulação no organismo das aves.

O sódio ( $\text{Na}^+$ ), o potássio ( $\text{K}^+$ ) e o cloro ( $\text{Cl}^-$ ) são íons fundamentais na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico dos líquidos corporais. Assim, os efeitos do BEL da dieta no desempenho das aves podem estar relacionados com as variações no equilíbrio ácido-básico Mongi, (1981).

Portanto, uma possível explicação para o aumento de cálcio no plasma sanguíneo no BEL alto pode está relacionada com o mecanismo de osmorelução das aves, o qual é conseguida pela homeostase dos íons intra e extra celular. Essa alteração está associada com o teor de  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  presente na ração que

compõe o BEL alto. Sabe-se que dietas compostas com alto nível de  $K^+$ , tendem a diminuir o pH sanguíneo causando uma acidose metabólica.

Para manter a homeostase a célula libera íons  $K^+$  (principal cátion intracelular), sendo que o osso funciona como um sistema tamponante para o controle ácido-base dos fluídos corporais estando, assim, sujeito a modificações. Na literatura (Vieites et al., 2004; Oliveira, 2010; Araújo et al., 2011) tem sido relatado que dietas ácidas ou de baixo balanço eletrolítico, induzem a liberação de cátions do osso para o sangue para corrigir o pH, sendo o cálcio o principal cátion liberado. Assim, a reabsorção óssea resulta em sua menor mineralização e, conseqüentemente, em menor peso, densidade e resistência.

Os níveis séricos de cálcio e fósforo encontrados neste trabalho estão de acordo com Schimdt (2007) que afirma que na maioria das espécies domésticas o plasma sanguíneo contém 9 a 12 mg/dL de cálcio e 4 a 7 mg/dL de fósforo a exceção das galinhas poedeiras, que apresentam elevados teores séricos durante a vida produtiva, em função da postura.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Olanrewaju et al. (2007), observaram que o BEL de 241mEq/kg aumentou o teor de cálcio e sódio em frangos de corte aos 35 dias de idade. No entanto, os resultados encontrados nesse estudo, diferem dos resultados obtidos por Vieites et al. (2011), ao utilizarem níveis de BEL (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350mEq/Kg) encontram maiores concentrações de cálcio no sangue, nos tratamentos com menores e maiores valores BEL(0 e 350mEq/Kg), o que pode representar maior mobilização óssea desse mineral por ação hormonal, com a finalidade de disponibilizar mais eletrólitos no sangue para serem utilizados por mecanismos compensatórios de regulação no organismo das aves.

Os resultados do índice de Seedor dos ossos da Tíbia e comprimento do osso estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Análise Peso do osso g, comprimento da tíbia e índice de Seedor mg/mm de frangos de corte, submetidos a dois níveis de balanço eletrolítico e quatro níveis/programas de suplementação de vitamina D.

BEL	Peso 21dias	Peso 42dias	Comp 21dias	Comp 42dias	IS <sup>1</sup> 21d	IS 42 d
Normal	1,822a	5,6	6,63	9,85	27,0a	57,0
Alto	1,696b	5,5	6,57	9,91	25,0b	56,0
Fonte de Vitamina D						
Controle	1,772	5,7	6,60	9,92	26,8	57,4

D <sub>3</sub>		1,770	5,8	6,56	9,83	26,9	59,0
25-OH-D <sub>3</sub>		1,741	5,5	6,61	9,80	26,3	56,8
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>		1,751	5,3	6,65	9,98	26,3	52,8
BEL	Vitamina D						
Normal	Controle	1,789	5,2	6,58	9,95	27,1	58,7
Normal	D <sub>3</sub>	1,865	5,5	6,66	9,97	27,9	59,6
Normal	25-OH-D <sub>3</sub>	1,799	5,8	6,54	9,76	27,5	56,9
Normal	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	1,835	5,8	6,75	9,91	27,2	52,8
Alto	Controle	1,756	5,5	6,61	9,90	26,5	56,0
Alto	D <sub>3</sub>	1,675	5,8	6,46	9,88	25,9	58,5
Alto	25-OH-D <sub>3</sub>	1,683	5,8	6,68	9,83	25,1	56,7
Alto	1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	1,668	5,3	6,55	10,05	25,4	52,9
CV%		6,17	11,98	3,86	3,04	5,15	11,72
Probabilidade							
<b>*BEL</b>		0,0002	0,7562	0,4519	0,4748	0,0001	0,4748
<b>Vit D<sub>3</sub></b>		0,8740	0,2722	0,8836	0,4303	0,5543	0,4303
<b>Interação</b>		0,3090	0,9064	0,2675	0,8876	0,4426	0,8876

\*BEL – Balanço eletrolítico dietético (expresso em miliequivalentes por kg de ração); CV – Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras minúscula na coluna, diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05)

Como pode ser observado na Tabela 12, não houve interação (p>0,05) entre BEL e PSVD, sobre as características de comprimento de osso da tíbia e índice de seedor em ambas as fases avaliadas. Para o efeito de fonte/nível de vitamina não foi observada significância (p>0,05).

No entanto, observou efeito significativo (p<0,05) nos níveis de BEL normal para as características peso/comprimento (Índice de Seedor) nos períodos de 21 dias. As aves que receberam ração com o nível de BEL normal (220, 210, 200, 185mEq/kg) apresentaram maior índice peso/comprimento (índice de seedor) em relação aquelas alimentadas com maior dosagens de potássio e cloro no BEL alto.

A ingestão contínua de rações deficientes ou com excesso de potássio altera a concentração desse mineral nos tecidos e fluidos corporais, causando lesões bioquímicas que afetam as funções fisiológicas, conduzindo ao surgimento de desordens metabólicas relacionadas com o metabolismo proteico, energético e mineral.

Nesse contexto, as variações no peso e índice de Seedor e indicaram prejuízos na densidade óssea com níveis BEL alto de potássio na ração, sendo estes resultados decorrentes de alterações fisiológicas promovidas pela baixa ou elevada ingestão desse mineral ao longo do tempo.

O osso funciona como um sistema tamponante para o controle ácido-base dos fluídos corporais estando, assim, sujeito a modificações. Na literatura (Vieites et al., 2004; Oliveira et al., 2010; Araújo et al., 2011) tem sido relatado que dietas ácidas ou de baixo balanço eletrolítico, induzem a liberação de cátions do osso para o sangue para corrigir o pH, sendo o cálcio o principal cátion liberado. Assim, a reabsorção óssea resulta em sua menor mineralização e, conseqüentemente, em menor peso, densidade e resistência. Isso justifica o menor índice de Seedor em aves alimentadas com níveis maiores de alto BEL na ração.

Araújo et al. (2011) verificaram que a redução no balanço eletrolítico da ração de frangos de corte influenciou negativamente a mineralização e resistência óssea, sendo a redução na resistência à quebra dos ossos associada não apenas às alterações na mineralização, mas também devido à mudanças na composição da matriz orgânica do osso devido à alterações nas concentrações de proteínas colagenosas e não colagenosas, que estão correlacionadas negativamente com a resistência à quebra.

Além do fator nutricional, outros fatores (estresse calórico) deve ser levado em consideração. Segundo Murakami (2001), a incidência de anormalidades de crescimento é aumentada pelo estresse ambiental (camas mais úmidas).

Segundo Vietes et al. (2004), o balanço eletrolítico pode alterar o crescimento, apetite, o metabolismo de certos nutrientes como vitaminas, aminoácidos e minerais. Por apresentarem-se em maior quantidade e por serem prontamente absorvidos pela membrana intestinal os cátions sódio  $\text{Na}^+$ , potássio  $\text{K}^+$  e o anion  $\text{Cl}^-$  são os principais envolvidos no BEL. Tendo-se em conta que os ossos possuem grandes quantidades destes íons monovalentes, principalmente o sódio e potássio Patience, (1990), alterações na dieta podem interferir diretamente no conteúdo destes elementos nos ossos e alterar suas propriedades físicas e químicas.

O resultados do presente trabalho corroboram com os encontrados por Oliveira et al, (2010), ao avaliaram níveis de BEL 200 a 300 mEq/kg sobre características do fêmur, obtiveram melhores resultados com o nível de BEL de 200mEq/kg para a característica peso/comprimento (Índice de Seedor), em aves alimentadas com o balanço de 200 mEq/kg e diferem dos resultados obtidos por Navarini (2009), onde os níveis de 200mEq/kg não influenciaram no índice de

Seedor.

## **5. CONCLUSÕES**

De acordo com as respostas encontradas nas condições experimentais aqui descritas, pode-se concluir que não há relação direta entre suplementação de vitamina D e balanço eletrolítico sobre as características de CR/GP/CA das aves, podendo esta resposta estar associada à estação mais amena em termos de temperatura no Recôncavo da Bahia na época de condução da pesquisa.

No entanto, o BEL normal (220, 210, 200, 185), proporcionou melhores resultados nas características de desempenho (GP e CR), características ósseas (peso das cinzas e IS), e influenciou positivamente a MS da cama. Como também o aumento do nível de  $Ca^{++}$  plasmático em frangos de corte aos 35 dias de idade. E os diferentes PSVD e uso adicional de vitamina D não afetaram nestas condições o desempenho das aves, isoladamente.

Percebe-se a importância de novos estudos com balanço eletrolítico e vitamina D, levando em consideração, entre outros fatores, as distintas regiões do país e a influência do clima de cada região para definir as reduções nutricionais e energéticas estabelecidas para o uso dos níveis ótimos de BEL e fonte/níveis de vitamina D.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA, **Associação Brasileira de Proteína Animal**; Exportações de carne de frango apresentam alta em volumes, 2014. **Disponível em:** < <http://www.ubabef.com.br/noticias/1037?m=62>>. Acesso: 10/06/14.

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 broilerchickens. **Journal of Poultry Science**, v.77, n.4, p.585–593, 1998.

ANGEL, R., SAYLOR, W.W., DHANDU, A.S., POWERS, W. APPLGATE, T.J. Effects of dietary phosphorus, phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance of broiler chickens grown in floor pens. **Journal of Poultry Science**. 84:1031–1044, 2005.

APPLGATE, T. J., R. ANGEL, AND H. L. CLASSEN. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol, and bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. **Journal of Poultry Science**. 82:1140–1148, 2003.

ARANTES, U.M; STRINGHINI, J.H; MARTINS, P.C; REZENDE, P.M; ANDRADE, M.A; LEANDRO, N.S.M; CAFÉ, M.B. Effect of different electrolyte balances in broiler. **Brazilian Journal of Poutry Science**, v.15, n. 3, p. 169-286, 2013.

ARAÚJO, W. A. G., ROSTANGNO, H. S., ALBINO, F. L. T., CARVALHO, T. A. NETO, A. C. R. Potássio na Nutrição Animal. **Nutritime**. Artigo nº 117, 2010.

ARAÚJO, G. M.; VIEITES, F. M.; BARBOSA, A.A.; CARAMORI JUNIOR, J. G.; SANTOS, A. L.; MORAES, G. H. K.; ABREU, J. G.; MULLER, E. S. Variação aniônica da dieta sobre características ósseas de frangos de corte: resistência à quebra, composição orgânica e mineral. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 4, p.954-961, 2011.

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.

BARROS, R. **Efeito da vitamina D ativada no desempenho zootécnico e qualidade óssea de suínos**. 57f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

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

BERNADINO, V.M.P. Influência dos lipídios da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de Frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n. 3, p.960-966, 2009.

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

BERGSTROM, W.; WALLACE, W. Bone as a sodium and potassium reservoir. **American Society for Clinical Investigation**, v. 33, n.6, p.867-873, 1954.

BORGATTI, L. M. O.; ALBUQUERQUE, R.; MEISSTER, N. C.; SOUZA, L. W. O.; LIMA, F. R.; TRINDADE NETO, M. A. Performance of broilers fed diets with different dietary electrolyte balance under summer conditions. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas v. 6, n.3, p. 153-157, 2004.

BORGES, S. A. **Balanco eletrolítico e sua inter-relação com o equilíbrio ácido-base em frangos de corte submetidos a estresse calórico**. Jaboticabal, 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós- Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2001.

BORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A. V.; ARIKI, J.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. **Journal of Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 428-435, 2003a.

BORGES, S. A.; LAURENTIZ, A. C.; ARAÚJO, L. F.; ARAÚJO, C. S. S.; MAIORKA, A.; ARIKI, J. Efeito da proteína bruta e de diferentes balanços eletrolíticos das dietas sobre o desempenho de frangos no período inicial. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.4, n.2, p. 155-161, 2002.

BORGES, S. A.; FISCHER da SILVA, A. V.; MAIORKA, A.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (Sodium plus potassium minus Chloride, Milliequivalentes per kilogram). **Journal of Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 1551- 1558, 2004a.

BORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A. V.; MAIORKA, A. Acid-base balance in broilers. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 63, p. 73-81, 2007.

BOLAND, A.R; NORMAN, A.W.  $1\alpha 25(\text{OH})_2$ -vitamin  $\text{D}_3$  signaling in chick enterocytes: enhancement of tyrosine phosphorylation and rapid stimulation of

mitogen-activated protein (map) kinase. **Journal of Cellular Biochemistry**, v.69, p.470–482, 1998.

BOYAN, B.D; SYLVIA, V.L; DEAN, D.D et al. Differential regulation of growth plate chondrocytes by  $1\alpha,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$  and  $24,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$  involves cell-maturation-specific membrane receptor-activated phospholipid metabolism. **Critical Reviews in Oral Biology & Medicine**,v.13, n.2, p.143-154, 2002.

BOUILLON, R; VAN CROMPHAUT, S; CARMELIET, G. Intestinal calcium absorption: Molecular vitamin D mediated mechanisms. **Journal of Cellular Biochemistry**. v.88, n.2, p.332-339, 2003

BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; VALE, P.C.B.; COUTO; et al. Estudo do balanço eletrolítico alimentar para suínos machos castrados em acabamento mantidos em ambiente de alta temperatura. Lisboa: **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 104, n. 569-572, p. 37-43, 2009.

BRITO, J.A.G. **Vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD<sub>3</sub>) em rações de frangos de corte**. 120 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2008.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, E.M.C.; MENEGHETTI, C. Efeito da vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v 39, n 12, p 2656-2663, 2010.

BUTCHER, G.D.; MILES JR., R.D. Origin of acids in animals. **Journal of Poultry Digestive**. v.53,n.1, 1994.

CARVALHO, D.C.L; ROSIM, G.C; GAMA, L.O.R; TAVARES, M.R;TRIBIOLI, R.A; SANTOS, I.R; CLIQUET JR, A. Tratamentos não farmacológicos na estimulação da osteogênese. **Revista Saúde Pública**, v.36, n.5, p.647-654, 2002.

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.

CASTRO, L.C.G. O sistema endocrinológico vitamina D. Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo. v.55, n.8, p. 566-575,. CHAMPE, P.C., HARVEY, R. A., **Bioquímica ilustrada**. 2. ed.- Porto Alegre (ARTMED), 2011.



CHAMPE, P.C., HARVEY, R. A., **Bioquímica ilustrada**. 2. ed.- Porto Alegre (ARTMED), 1996.

CHENG, Y.H.; GOFF, J.P.; SELL, J.L.; DALLORSO, M.E.; Gil, S., PAWLAK, S.E.; HORST, R.L. 2004. Utilizing *Solanum glaucophyllum* alone or phytase to improve phosphorus utilization in broilers. **Journal of Poultry Science**, 83: 406-413.

CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Journal of Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 11, p. 2333-2341, Nov. 2009.

COMBS JR, G.F. The vitamins – **Fundamental aspects in nutrition and health**. ed. 3. New York: Elsevier Academic Press, 583p, 2008.

DRIVER, J. P., A. ATENCIO, G. M. PESTI, H. M. EDWARDS Jr., R. I. BAKALLI. The effect of maternal dietary vitamin D<sub>3</sub> supplementation on performance and tibial dyschondroplasia of broiler chicks. **Journal of Poultry Science**. 85:39-47. 2006.

DSM Vitamins Supplementation Guidelines for domestic animals. Switzerland **DSM Nutritional Products, 2011**. Disponível em [http // www.docstoc.com/docs/70952936/DSM-Vitamin -Supplementation- Guidelines](http://www.docstoc.com/docs/70952936/DSM-Vitamin-Supplementation-Guidelines) . Acesso em 12/09/11.

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

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

ÉVORA, P.R.B.; REIS, C.L.; FERREZ, M.A.; CONTE, D.A.; GARCIA, L.V. Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico e do equilíbrio ácido-básico. **Medicina**, Ribeirão Preto, v.32, p.451-469, 1999.

FARQUHARSON, C.; JEFFERIES, D. Chondrocytes and longitudinal bone growth: The development of tibial dyschondroplasia. **Journal of Poultry Science**, v. 79, p. 994-1004, 2000.

FRANCESCH, M.; BRUFAU, J. Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. **World's Poultry Science Journal**, 60 (1): 64-75, 2004.

FRITTS, C.A, WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. *J. Appl. Poult. Research.*, 12: 45-52, 2003.

GARCIA, A.F.Q.M.; MURAKAMI, A.E.; DUARTE, C.R.A.; ROJAS, I.C.O.; PICOLI, K.P. and PUZOTTI, M.M. Use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Aust Journal Animal Science**, 26: 408-415. 2013.

GOFF, J.P. **Distúrbios do metabolismo dos carboidratos e da gordura. In: Dukes. Fisiologia dos animais domésticos.** 12<sup>a</sup> ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 926 pp. 2006.

GUYTON, A.C.; HALL, A.J.E. **Tratado de Fisiologia Médica** – 11a edição, Rio de Janeiro, Ed. Elsevier, p. 632, 2006.

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.

HAN, J.C., YANG, X. D., ZHANG, T., LI, H., LI, W.L., ZHANG, Z.Y., YAO, J.H. Effects of 1-alpha-hydroxycholecalciferol on growth performance, parameters of tibia and plasma, meat quality and type IIb sodium phosphate cotransporter gene expression of one to twenty-one-day-old broiler. **Journal of Poultry Science**, 88:323-329, 2009.

HENN, J. D. 2012. Bioquímica do tecido ósseo. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso\\_henn.pdf](http://www.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso_henn.pdf)> Acesso em 19/09/2014.

KHAN, S. H.; SHAHID, R.; MIAN, A. A.; SARDAR, R.; ANJUM, M. A. Effect of the level of cholecalciferol supplementation of broiler diets on the performance and tibial dyscondroplasia. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Chichester, v. 9, n. 5, p. 584-593, 2010.

HOOGE, D. M. Electrolyte balance in turkeys, layers examined. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 70 May 4, p. 17-19, 1998.

HULAN, H. W.; SIMONS, P. C. M.; VAN SCHAGEN, P. J. W. Effect of altering the cation-anion (Na+K-Cl) and calcium content of the diet on general performance and incidence of tibial discondroplasia of broiler chickens housed in batteries. **Nutrition Reports International**, Stoneham, v. 33, p. 397-408, 1986.

JUDICE, M. P. M.; BERTECHINI, A. G.; MUNIZ, J. A. Balanço cátion-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n.3, p. 598-609, 2002.

KIEFER, C.; MORAIS, M. G.; SANCHES, J. F.; et al. Níveis de balanço eletrolítico com ênfase em sódio em leitões dos 9 aos 25 kg mantidos sob conforto térmico. Curitiba: **Revista Pork Expo & IV Fórum Internacional de Suinocultura, Anais**, p. 193. 2008.

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

KLASING, K. C. Micronutrient supply: Influence on gut health and immunity. AvianGut Function in Health and Disease. Ed. **CABI International, Cambridge, MA**, p.210–223, 2006.

KUSSAKAWA, K.C.K.; FARIA, H.G. Discondroplasia tibial em frangos de corte: aspectos nutricionais. **Arquivo de Ciências e Saúde Unipar**, v.2, n.3, p. 275-282, 1998.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. Ed. Sarvier, São Paulo, 839 p, 2006.

MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 246, 1994.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 375 p. 2002.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 63 p. 2008.

MAcDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition**: Vitamin D. ed. 2. Danvers: Blackwell Publishing, 793 p., 2000.

MATOS, M. B., SAVARIS, V. D. L., COUTO, H. P., SOARES, R. T. R. N., OLIVEIRA, N. T. E., FERREIRA, R. A. Balanço Eletrolítico da Ração Sobre o Desempenho e Qualidade da Cama de Frango em Condições de Estresse Calórico. **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2010**.

MATTILLA, P.H; VALKONEN, E; VALAJA, J. Effect of different vitamin d supplementations in poultry feed on vitamin D content of eggs and chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 8298–8303, 2011.

MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of Nutrition Society**, Cambridge, v.40, p.285-294, 1981.

MONTEIRO, M. P.; MORAES, G. H. K.; FANCHIOTTI, F. E.; OLIVEIRA, M. G. A.; RODRIGUES, A. C. P.; ALBINO, L. F. T.; GUIMARÃES, V. M.; VIEITES, F. M. Alfa-amilase em frangos de corte: efeitos do balanço eletrolítico e do nível protéico da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1070 -1076, 2006.

MOGHADDAM, H.N.; JANMOHAMMADI,; NAJAFABADI, J. The effect of dietary electrolyte balance on growth, tibia ash and some blood serum electrolytes in Young pullets. **Journal of Poultry Science**, v.4, n.7, p. 493-496, 2005.

MÜLLER, S, E., BARBOSA, A, A., MORAES, K, H, G., VIEITES, M, F., ARAUJO, M, G. Parâmetros químicos, bioquímicos e mecânicos de fêmures de frangos de corte submetidos a diferentes balanços eletrolíticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol. 41 no.6 Viçosa, June, 2012.

MURAKAMI, A. E.; OVIEDO-RODÓN, E. O.; MARTINS, E.N.; PEREIRA, M.A.; SCAPINELLO, C. Sodium and chloride requirements of growing broiler chickens twenty-one to forty-two days of age fed corn-soybean diets. **Journal of Poultry Science**, v. 80, n.3, p.289-294, 2001.

MURAKAMI, A. E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: **FACTA**, p. 33-61, 2000.

NAHM, K.H. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. **World's Poultry Science J**, 63: 625-654, 2007.

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

NAVARINI, F. C. Níveis de proteína bruta e balanço eletrolítico para frangos de corte, 68p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2009.

OLANREWAJU, H.A., THAXTON, J.P., DOZIER, W.A., BRANTON, S.L., Electrolyte diets, stress, and acid-base balance in broiler chickens. **Journal of Poultry Science**, 86:1363-1371, 2007.

OLANREWAJU, A. H.; DOZIER, W.A.; PURSWELL, J.L.; BRANTON, S.L.; MILLES, D.M.; LOTT, B.D.; PESCATORE, A.J.; THAXTON, J.P. Growth performance and physiological variables for broiler chickens subjected to short – term elevated carbon dioxide concentrations. **Journal of Poultry Science**, 78: 738-742, 2008.

OLIVEIRA, E. C.; MURAKAMI, A. E.; FRANCO, J. R. G.; CELLA, P. S; SOUZA, L. M. G. Efeito do balanço eletrolítico e subprodutos avícolas no desempenho de frangos de corte na fase inicial (1-21 dias de idade). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 293 -299, 2003.

OLIVEIRA, M. C.; ARANTES, U. M.; STRINGHINI, J. H. Efeito do balanço eletrolítico da ração sobre parâmetros ósseos e da cama de frango. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 203-209, 2010.

PATIENCE, J. F. A review of the role acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, n. 2, p. 398-408, 1990.

PHADNIS, R; NEMERE, I. Direct, Rapid Effects of 25-Hydroxyvitamin D3 on Isolated Intestinal Cells. **Journal of Cellular Biochemistry**, v.90, p.287–293, 2003.

PEDROSA, M.A.C.; CASTRO, M.L. Papel da Vitamina D na função neuromuscular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, n. 4, p. 495-502, 2005.

PIZAURO JÚNIOR, J.M.; CIANCAGLINI, P.; MACARI, M. Tibial dyschondroplasia: mechanisms of the lesion and control. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, p.169-185, 2002.

PORTSMOUTH, J. Changes needed in nutrient input data relating to leg problems in **Poultry. Feedstuffs**, v.56, p.43-52, 1984.

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

RINER K., BOOS A., HÄSSIG M., LIESEGANG A. Vitamin D receptor distribution in intestines of domesticated sheep *Ovis ammon f. aries*. **Journal of Morphology**. v.269, p.144–152, 2008.

RAO, S.V.R.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; SUNDER, G.S. AND SHARMA, R.P. 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 Applete Poultry Research**, 15: 493-501. 2006.

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

RUIZ-LÓPEZ, B.; AUSTIC, R. E. The effect of selected minerals on the acid 75 base balance of growing chicks. **Journal of Poultry Science**, Champaign, v. 72, p. 1054-1062, 1993.

SANTOS, T. T., MOURA, A. S. A. M. T., BORGES, S. A., FISCHER DA SILVA, A. V. Balanço eletrolítico (mEq/kg de ração) em dietas para matrizes pesadas na fase final de produção. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, p.154, 2005.

SEEDOR, J.G., H.A. QUARRUCCIO, AND D. D. THOMPSON THOMPSON, D. D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal Bone and Mineral Research**, Washington, v. 6, n. 4, p. 339-346, 1991.

SCHENCK, P.A.; CHEW, D.J.; LARRY, A.N. et al. **Distúrbios relacionados ao cálcio: hiper e hipocalcemia**. In: DIBARTOLA, S.P. Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico.3.ed. São Paulo: Roca. 664p, 2007.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. Ed. Guanabara & Koogan, 11. ed., 856p, 1993.

SIMÃO, A.M.S. **Estudos das características cinéticas da fosfatase alcalina reconstituída em sistemas vesiculares**. 2008. 148f. Tese (Doutorado em Química), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

SOUZA, C.S, VIEITES, F.M,; VASCONCELLOS, C. H. F.; A. A.; CALDERANO, A. A.; NUNES, R. V.; FERREIRA, C. M.;PERREIRA, T. V. S.; MORAES, G. H. K., Suplementação de 1,25 dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo

disponível para frangos de corte. **Ver. Brasileira Medicina Veterinária Zootecia**. Vol. 65. ISSN, 0102-0935, n. 2, Belo Horizonte April. 2013.

SUDA, T.; SHINKI, T.; TAKAHASHI, N. The role of vitamin d in bone and intestinal cell differentiation. **Annual Review of Nutrition.**, v.10, p.195-211, 1990.

SZABÓ J, VUCSKITS AV, ANDRÁSOF SZKY E, BERTA E, BERSÉNYI A, BÖRZSÖNYI L, PÁLFIV, HULLÁR I. Effect of dietary electrolyte balance on production, immuneresponse and mineral concentrations of the femur in broilers. **Acta Veterinaria Hungarica**;59(3):295-310, 2011.

WALDROUP, P.W.. Biossay remain necessary to estimative phosphorus, calcium, bioavailability. **Feedstuffs**, v. 68, p.13-20, 1996.

TEETER, R.G. The electrolyte: acid-base connection. **Feed mix**, Amsterdam, v.5, n.4, p. 32-34, 1997.

TORRES, C. **Desempenho produtivo de reprodutoras de frangos de corte suplementadas com 25-hidroxicolecalciferol**. 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Curso de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TORRES, A. P. **Os minerais e distúrbios provocados por desequilíbrio na alimentação e por outras causas**. São Paulo: Nobel, 2ª ed., 1989.

VIEITES, F. M.; MORAES, G. H. K.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, F. A.; ATENCIO, A. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1520 – 1530, 2004.

VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; ATENCIO, A.; VARGAS JUNIOR, J.G. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a umidade da cama de frangos de corte de 1 a 42 dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1990-1999, 2005.

VIEITES, F. M.; FRAGA IN MEMORIAM, SOUZA, G. M.; ARAUJO, J.G.; VARGAS JUNIOR, J.G.; NUNES R.V.; CORREA, G.S.S. Desempenho de Frangos de Corte alimentados com altos valores de balanço eletrolítico em região de clima quente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.63, n.2, p.4417-2011.

ZANUZZI, C.N; NISHIDA, F; PORTIANSKY, P.A et al. Effects of *Solanum glaucophyllum* toxicity on cell proliferation and apoptosis in the small and large intestine of rabbits. **Research in Veterinary Science**, 2011.