

Trabalho de conclusão de Curso

Renato Bocamino Doro

***EFEITO DO FORNECIMENTO DE DIFERENTES
NÍVEIS DE ALUMÍNIO DIETÉTICO NA
QUALIDADE ÓSSEA DE CODORNAS
POEDEIRAS (Coturnix japonica).***

Botucatu

2010

Renato Bocamino Doro

***EFEITO DO FORNECIMENTO DE DIFERENTES
NÍVEIS DE ALUMÍNIO DIETÉTICO NA
QUALIDADE ÓSSEA DE CODORNAS
POEDEIRAS (Coturnix japonica).***

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Rezende

Botucatu

2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO

DA INFORMAÇÃO

DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Doro, Renato Bocamino.

Efeito do fornecimento de diferentes níveis de alumínio dietético na qualidade óssea de codornas poedeiras (*Coturnix japonica*) /Renato Bocamino Doro. - Botucatu [s.n], 2011.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Física médica) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2011

Orientador: Marcos Antonio Rezende

Capes:10501002

1. Alumínio - 2.Física médica - 3. Osso

Palavras-chave: Efeitos do alumínio na densidade óssea; Codornas;

A Deus, por 12 dividido por 6 dar 3, fato este que me trouxe até aqui na Unesp. Por ter me sustentado e ouvido minhas orações em todo tempo. (Milagres ocorrem quando de joelhos estou, Paulo Cesar Baruk)

Aos meu pais por me apoiarem em todas as minhas decisões, pelo exemplo de garra e determinação e por me darem o maior de todos os tesouros, a educação.

A todos os meus familiares e amigos que me ajudaram e acreditaram em mim.

A Talita, minha noiva, por me entender e me motivar em todos os momentos.

DEDICO

Agradecimentos

Ao “pai”, amigo e Prof. Marcos Antonio de Rezende (Rezendão), pela sua orientação excepcional, motivando assim, a melhora desde trabalho dia a dia, e mais do que isso, contribuindo, e muito, para a minha formação acadêmica.

Ao meu co- orientador Edivaldo Antonio Garcia, que com muita paciência ajudou muito para a execução da parte prática e teórica desde projeto.

Ao guerreiro Edson Marcelo Bruder, pelos debates, risadas, ensinamentos, motivações e pela alegria que ele traz ao laboratório, e à Adriana Piccinim por ter feito a toda a análise estatística.

Ao Prof. Dr. Pedro Padilha e à Cilene Padilha por ter feito as análises químicas nos ossos, auxiliando na execução do trabalho.

Ao professor Vladimir Eliodoro Costa, e a todos meus “irmãos” de república Gustavo “Sinhá Boça”, Thiago Pinto “Fanta”, aos agregados Éric “Mulekão” e Rodrigo “ Rifle” por todas as risadas, noites de estudos, almoços e churrascos.

De maneira geral a todos que contribuíram para a execução desde trabalho, especialmente ao Msc. Anderson de Pontes Silva pela ajuda no tratamento das aves, e ao Thiago dos Santos Pinto pela ajuda na execução da parte experimental desde trabalho.

Sumário

Sumário	1
Resumo.....	1
Introdução	2
Objetivos	7
Material e Méétodo	7
Resultado e Discussão	13
Conclusão	26
Referências Bibliográficas	27

Resumo

O alumínio está presente de forma marcante em nosso cotidiano, com várias possibilidades de contaminação para o ser humano e animais, através da ingestão de alimentos ou aditivos presentes nos alimentos ou, também, através do uso de medicamentos.

Por apresentar uma forte carga elétrica, um forte poder de polarização e características similares com elementos da hidroxiapatita, o alumínio age como um competidor de nutrientes na matriz óssea, Por isso, ele pode ser causa danos à saúde dos seres vivos, como a osteoporose.

Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivos estudar a influência de diferentes níveis de alumínio na dieta de codornas poedeiras, sobre as características físicas e químicas de seus ossos.

A densidade e a porosidade óssea foram determinadas pelo método de imersão em água, utilizando o princípio de Arquimedes.

Os resultados obtidos mostraram que concentrações até 20 mg de alumínio por kg de ração fornecida causa uma diminuição na densidade óssea e volta a aumentar para concentrações maiores que este limiar.

A porosidade óssea, segue o inverso da densidade. Ela aumenta com concentrações até 20 mg de alumínio por kg de ração fornecida e volta a diminuir para concentrações menores.

Introdução

1.1 Alumínio

O alumínio é o terceiro mineral mais abundante na crosta terrestre, e apresenta como características uma forte carga elétrica, um forte poder de polarização com átomos adjacentes, e características similares a vários elementos essenciais para a mineralização óssea como magnésio, cálcio e ferro, dessa forma, ele pode agir como um competidor com micro nutrientes (HELLSTRÖM, 2007).

Por muito tempo, o alumínio foi considerado um elemento isento de riscos para o ser humano. Entretanto, a partir da década de 70, surgiram referências de alguns autores, relacionando-o à incidência de algumas doenças, motivando sua avaliação toxicológica (LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN 1992). Sabe-se que ocorre o acúmulo exponencial do alumínio nos ossos conforme o envelhecimento do indivíduo e que, ele é o responsável pelo desenvolvimento de uma doença com características parecidas com as da osteoporose (HELLSTRÖM, 2007).

Várias são as possibilidades de ingestão do alumínio (Al) pelo ser humano, sejam pela ingestão dos alimentos, alguns aditivos presentes nestes (que podem apresentar alta concentração de Al), a ingestão de antiácidos e de outros medicamentos contendo hidróxido de alumínio e, ainda, o consumo de água potável, que é tratada com sulfato de alumínio (DANTAS *et. al*, 2007, WONG *et. al*, 2010; AGUILAR *et. al*, 2008). Segundo o MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004), a concentração máxima de alumínio permitida na água é de 0,2 mg por litro.

Cerca de 4% do alumínio que é ingerido acumula-se em nossos órgãos e, estima-se que cerca de 50% encontra-se nos ossos, 25% nos pulmões e 1% no cérebro (YOKEL & MCNAMARA, 2001).

Na literatura foram encontrados trabalhos que relatam a ação do alumínio no organismo, tem-se sugerido que o Al^{3+} será co-precipitado junto com o Ca^{+} nos espaços da mineralização óssea (HELLSTRÖM, 2007) e no cérebro . Segundo (Priest, 2004) o depósito de alumínio no osso é importante por três razões, em primeiro lugar os ossos funcionam como um reservatório de retenção a longo prazo de alumínio no organismo. Em segundo lugar, o conhecimento de um padrão de deposição e retenção de alumínio no osso é importante para o desenvolvimento de um modelo matemático da biocinética do alumínio. Finalmente, em terceiro lugar, se o alumínio se acumula o suficiente para interromper a formação óssea e causar uma fratura AIBD (Aluminium Induced Bone Disease).

A osteoporose apresenta-se como um grande problema no mundo ocidental devido às suas consequências devastadoras, principalmente no que se refere à fratura de bacia. Estima-se que a incidência de fraturas na bacia até 2050 irá aumentar para 6 milhões de fraturas ao ano, contra 1,7 milhões em 1990 (HELLSTRÖM, 2007).

Como a osteoporose pode ser causada por vários fatores e, dentre eles a genética, o estilo de vida e fatores ambientais, é importante que se conheça bem cada fator individualmente para que se possa fazer, na medida do possível, uma prevenção eficaz da doença.

Além de se acumular nos ossos, há evidências que pode ocorrer um acúmulo também no fígado, resultado este obtido por (Klein, *et. al*, 1987), que encontrou picos de concentração de alumínio nos lisossomos dos hepatócitos.

Segundo (Corte, *et. al*, 2001) e (Morrissey, *et. al*, 1983) o alumínio inibe a síntese de PTH, o que pode acarretar em maiores complicações uma vez que este está diretamente relacionado com a mobilização de cálcio nos ossos.

Muitos são os artigos que relatam a relação entre o alumínio e a doença de Alzheimer segundo (LLOPIS, *et. al*, 2002, Sjögren, *et al*, 1996, World Health

Organization, 2007), os primeiros estudos começaram em 1965, e desde então cada vez mais tenta-se correlacionar doença de Alzheimer (DA) com o alumínio. Em 68% dos artigos revisados por (Ferreira, *et. al*, 2008) o alumínio está correlacionado com a DA, o que evidencia os cuidados que devemos ter com este mineral. Por outro lado cerveja poderia diminuir os riscos de neurotoxicidade do alumínio como relata (Peña, *et. al*, 2007).

Diante do exposto, o estudo das consequências geradas pela ingestão do alumínio para o corpo humano é de suma importância, pois, o excesso deste mineral no organismo pode afetar de forma significativa a integridade óssea.

1.2 Pesquisa em codornas

A utilização do cálcio (Ca) pelo organismo depende principalmente da idade e da espécie animal. Nas aves em crescimento, ele é mobilizado para a formação óssea, enquanto que nas aves em postura, o Ca é utilizado para formação da casca do ovo, apresentando-se como um elemento fundamental para a manutenção e produção de ovos (SCHERER *et al.*, 2004).

Os ossos são grandes depósitos de Ca para suprir a necessidade circulante deste elemento químico, sofrendo constante remodelagem e renovação. Se sua concentração no sangue começa a diminuir, rapidamente o Ca é mobilizado dos ossos para elevar o nível sanguíneo ao normal (SCOTT *et al.*, 1982).

As codornas são aves que apresentam altas taxas metabólicas, e como a qualidade e produção de ovos é sensível ao nível de cálcio no organismo, são ideais para verificar as alterações no metabolismo do cálcio em pesquisa de curta duração.

1.3 Densidade óssea

A física do tecido ósseo é a ciência que estuda a matéria óssea e suas interações com o meio. As características físicas que podem definir o grau das interações da matéria óssea com o meio são: a porosidade, que define a porcentagem de vazio dentro do volume aparente; a retratibilidade, que define a variação volumétrica aparente quando alterada a umidade do meio; a densidade real da substância óssea, que define a razão da massa pelo volume real e, a densidade aparente, que quantifica a matéria óssea por unidade de volume aparente (REZENDE, 2003).

Os estudos destas propriedades físicas possibilitaram um grande avanço no conhecimento detalhado de meios materiais fornecendo dados importantes para o desenvolvimento de novas técnicas e o melhoramento de diversas áreas da saúde e indústria. (GROSSKLAUSS, 2008).

Para determinação das propriedades físicas que podem definir um grau de interação da matéria óssea com o meio, métodos laboratoriais práticos são empregados, como o método da imersão em água destilada (MIAD). Este método baseia-se no princípio de Arquimedes, em que a perda aparente de peso de um corpo imerso em líquido é igual à massa do líquido deslocado. Este método é considerado um dos mais precisos e pode ser usado para amostras com formato irregular, sendo o volume determinado pela variação de peso do líquido, em virtude da imersão da amostra (REZENDE, 2003)

A densidade, comumente designada por densidade aparente, representa a quantidade de massa das partículas sólidas que compõem um dado volume total, designado pela somatória dos volumes das partículas, de ar contido nos poros da amostra e de água que possui. Assim, fica evidente que a densidade aparente

depende da umidade da amostra, sendo simbolizada pela letra ρ acrescida de um índice inferior do lado direito indicando o valor de umidade da amostra (REZENDE, 2003).

A densidade real ou das partículas, é determinada pela razão entre a massa das partículas na umidade zero por cento e o volume de sólidos, chamado de volume das partículas, obtido sem a consideração dos poros ou água da amostra. O volume das partículas pode ser determinado em laboratório pelo método do picnômetro.

A literatura enfatiza o método de imersão em água utilizando o princípio de Archimedes na determinação da medida de densidade de osso, músculo e gordura, oferecendo de uma maneira geral, resultados confiáveis para o volume e densidade.

A porosidade, caracterizada como a distribuição de poros ao longo de um volume de um material, pode ser obtida através de métodos nucleares como o espalhamento de raios-x ou a transmissão de raios gama, porém, para determinações de porosidade média encontrada em dada amostra, o método de imersão em água associado ao método do picnômetro se mostra fácil e confiável (APPOLONI & POTTKER, 2004).

Portanto o conhecimento das propriedades físicas dos materiais, tais como densidade e porosidade são extremamente importantes para o estudo de suas estruturas e está relacionado com seus parâmetros de qualidade. As propriedades físicas dos ossos nos mostram relações importantes da variação do metabolismo (Nogueira Filho, 2007).

Objetivos

Objetiva-se, com o experimento, verificar se concentrações excessivas de alumínio na alimentação das codornas causaram alterações significativas em algum dos seguintes fatores:

- Densidade e porosidade.
- Concentração de cálcio nos ossos;

E no caso de constatar alteração, objetiva-se, também, verificar qual o limiar da concentração de alumínio necessária para a ocorrência dessas alterações .

Material e Méétodo

O experimento foi conduzido nas instalações experimentais do Setor de Avicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP - Campus de Botucatu, SP.

Foram utilizadas 240 codornas japonesas (*Coturnix japônica*) adquiridas com um dia de idade. O período experimental foi conduzido a partir do início da fase de produção (38 a 64 semanas).

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria com 12 m de comprimento e 4 m de largura, contendo gaiolas metálicas, específicas para produção de ovos, medindo 100 cm de comprimento, 34 cm de largura e 16 cm altura, com seis compartimentos cada, e capacidade para alojar 18 aves por gaiola. Cada compartimento foi equipado com um bebedouro tipo *nipple* e um comedouro tipo calha disposto frontalmente à gaiola. Foi adotado um programa de luz de 17 horas diárias.

As aves receberam alimentação e água à vontade, sendo que a ração foi fornecida uma vez ao dia. As rações foram produzidas na fábrica de rações da Fazenda Experimental Lageado da UNESP - Campus de Botucatu.

As rações, na forma farelada, foram à base de milho e farelo de soja satisfazendo todos os requerimentos nutricionais, seguindo as recomendações do NRC (1994).

As aves foram distribuídas em um delineamento fatorial em blocos inteiramente casualizados (4x3) com 5 tratamentos compostos por cinco níveis de Al e seis repetições de oito aves por tratamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Tratamentos experimentais compostos pelos diferentes níveis de Al empregados na dieta de codornas japonesas.

Tratamento	Níveis de Al mg/kg de ração fornecida
T1	0
T2	0,8
T3	3,2
T4	12,8
T5	51,2

1.4 Análises Ósseas

1.4.1 Determinação do volume e densidade das amostras de fêmur pelo método de imersão em água destilada (MIAD).

O equipamento que foi utilizado para realização desse método possui a seguinte composição :

- Béquer de vidro 400 ml
- Fio e suporte
- Balança de precisão TECNAL – BG 4

As amostras foram submetidas a uma limpeza completa, com o objetivo de retirar todo tecido mole, deixando portanto somente os ossos da tíbia.

A massa foi determinada utilizando uma balança eletrônica de precisão, para três algarismos significativos. Para a determinação do volume, utilizou-se o método de imersão em água. Para isso colocou-se um béquer contendo 400 ml de água sobre a balança, que foi tarada, ou seja: zerada como esta representada pela figura 1.



Figura 1: Fotografia representando a balança tarada.

Logo após, a amostra foi fixada por um fio e imersa na água contida no béquer, tomando-se o cuidado para que a mesma não encostasse nas paredes e no fundo do béquer como mostra a figura 2.

Essa figura, mostra um exemplo de determinação do volume da amostra óssea, com um valor registrado pela balança de $0,40 \text{ cm}^3$.

O valor do volume da amostra em cm^3 será igual ao empuxo em gramas-força

A explicação para isso é que por ser empuxo uma força verticalmente dirigida para cima, que tende a equilibrar o corpo, o valor numérico fornecido pelo display da balança em gramas será igual ao empuxo em gramas-força.



Figura 2: Fotografia representando a obtenção do volume pelo método de Archimedes.

Pelo princípio de Archimedes, o valor numérico do empuxo é igual ao peso do volume de fluido deslocado. Portanto, ele pode ser calculado pela fórmula:

$$E = \rho V g \quad (1)$$

Sendo: E a força de empuxo, ρ a densidade da água, V o volume do corpo submerso e g a aceleração da gravidade.

Adotando o sistema de unidades CGS*, em que as unidades fundamentais são o centímetro, a grama e o segundo, a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$, g pode ser considerado como unitário, e E é dado em gf (gramas força).

Substituindo estes valores na equação 1, obtém-se o volume do corpo imerso em cm^3 . Portanto, o valor indicado pelo display da balança em gramas será igual ao volume do objeto em cm^3 (REZENDE, 2003).

Com os dados de massa e volume pôde-se obter o resultado das densidades aparentes utilizando as seguintes equações:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \quad (2) \quad \rho_a = \frac{M_a}{V_a} \quad (3) \quad \rho_o = \frac{M_o}{V_o} \quad (4)$$

Sendo que, ρ_s representa a densidade aparente no estado saturado, ρ_a a densidade aparente no estado ambiente, ρ_o a densidade a zero por cento de umidade ; M_s representa a massa no estado saturado, M_a a massa no estado ambiente, M_o a massa no estado seco; V_s representa o volume no estado saturado, V_a o volume no estado ambiente e V_o representa o volume no estado seco (REZENDE, 2003).

Para possibilitar os cálculos da massa e do volume em diferentes umidades foram realizados alguns procedimentos com as amostras. No estado saturado a amostra foi analisada imediatamente após o sacrifício e a limpeza das mesmas, no estado ambiente, a amostra foi mantida em temperatura ambiente no laboratório durante três dias.

Para as condições de amostra no estado seco, a amostra foi colocada dentro de uma estufa durante 5 horas até atingir massa constante a uma temperatura de 50°C.

Afim de minimizar os erros, foram realizadas três medições para cada parâmetro analisado.

1.4.2 Método de picnômetro (densidade por partículas e porosidade)

O equipamento que foi utilizado para a realização dessa parte do experimento possui a seguinte composição:

- Moinho Criogênico FREEZER/MILL

- Balança de precisão TECNAL – BG 400
- Balão Volumétrico de 100 ml

Para esse procedimento foi realizada a trituração das amostras através do moinho criogênico, transformando o osso fêmur em pequenas partículas. Em seguida estas amostras foram colocadas em uma estufa por 6 horas a uma temperatura de 50°C.

Um balão volumétrico de 100 ml foi preenchido com água deionizada até atingir o menisco, logo após essa água foi retirada e colocada em um béquer. Após a pesagem da amostra seca na forma de pó, esta foi colocada dentro do balão volumétrico por meio de um funil e através deste, foi adicionado determinado volume de água até que novamente se atingisse o menisco. O volume por partículas das amostras do osso seco foi obtido através da pesagem da água restante no béquer, após o preenchimento com água do balão contendo as amostras, até atingir o menisco.

Com esses resultados, serão feitas as mensurações das densidades das partículas através da seguinte equação (5):

$$\rho_p = \frac{M_p}{V_p} \quad (5)$$

Sendo que, ρ_p representa a densidade por partículas (g/cm³), M_p a massa (g) da matéria seca e triturada, determinada após secagem em estufa à 50^o C, e V_p o volume por partículas (cm³).

Com o valor da densidade por partículas e da densidade aparente na umidade de zero por cento, foi possível calcular a porosidade das amostras de osso através da seguinte equação (6):

$$\delta = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho_p} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

Em que δ representa a porosidade(%), ρ_o a densidade aparente na umidade de 0% (g/cm^3) e; ρ_p a densidade por partículas (g/cm^3) .

Resultado e Discussão

1.5 Densidade óssea

1.5.1 Densidade na umidade de saturação

Os dados obtidos para a densidade óssea na umidade de saturação no primeiro abate são apresentados na tabela 2, e os dados referentes ao segundo abate são apresentados na tabela 3.

Essas duas tabelas apresentam os dados de cada um dos cinco tratamentos com as seis repetições, juntamente com suas médias, variâncias e desvios padrão.

Tabela 2: Densidades na umidade de saturação (g/cm^3) para cada tratamento no primeiro abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrão.

	T1	T2	T3	T4	T5
	1,27	1,13	1,9	1,18	1,29
	0,88	0,88	1,06	1,23	1,75
	0,89	0,93	1,06	1,03	1,09
	1,17	1,75	1	1,8	1
	1,45	1,43	0,91	1,09	0,93
	1,67	1,23	1,3	0,8	1,36
Média	1,22	1,23	1,21	1,19	1,24
Variância	0,10	0,11	0,13	0,11	0,09
Desvio Padrão	0,31	0,33	0,36	0,34	0,30

Tabela 3: Densidades na unidade de saturação (g/cm^3) para cada tratamento no segundo abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrão.

	T1	T2	T3	T4	T5
	1,33	1,54	1,17	1,29	1,44
	1,57	1,31	1,55	1,38	1,78
	1,94	1,44	1,58	1,28	1,69
	1,13	0,95	1,75	1,24	1,17
	1,33	1,22	1,56	1	1,03
	1,54	1,62	1,38	1,38	1,68
Média	1,47	1,35	1,50	1,26	1,47
Variância	0,08	0,06	0,04	0,02	0,09
Desvio Padrão	0,28	0,24	0,20	0,14	0,31

Os valores das médias das tabelas 2 e 3, contrariaram a expectativa inicial de que a densidade seria inversamente correlacionada de forma exponencial com a concentração de alumínio na ração fornecida.

E assim, os resultados sugeriram utilizar uma regressão polinomial de grau dois, para descrever a variação da densidade óssea em função da concentração de alumínio na ração, como pode ser visto através do gráfico 1.

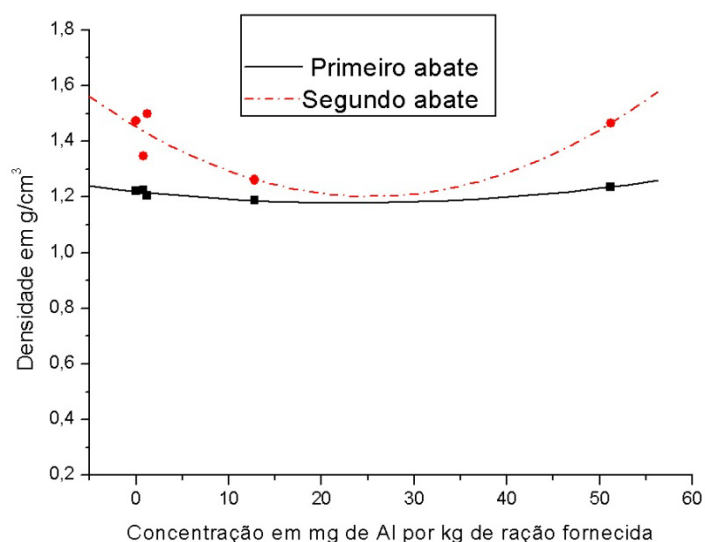


Gráfico 1: Regressão polinomial de grau dois, para os dois abates, da densidade na umidade de saturação (g/cm^3) em função das diferentes concentrações de alumínio na ração fornecida.

No primeiro abate as aves possuíam idades de 43 semanas e noventa dias de ingestão de alumínio, no segundo abate as aves tinham idade de 55 semanas e 180 dias de ingestão de alumínio.

Pode-se observar uma diferença significativa das densidades ósseas com a idade das aves apresentando maiores valores para a idade de 55 semanas (segundo abate). Essa diferença foi maior para a testemunha T1, como era de se esperar, onde não houve adição de alumínio.

A curva para o segundo abate mostra também que a ingestão de alumínio provocou uma diminuição da densidade óssea até o tratamento 4, vindo a crescer novamente para o tratamento 5, como se pode verificar pelo ponto de densidade mínima, no gráfico 1, próximo à concentração de 20 miligramas de Al por quilograma de ração fornecida.

Para concentrações excessivamente altas de alumínio, ocorreu um aumento da densidade óssea, como pode-se observar no tratamento 5. Segundo, (Corte, *et. al*, 2001) esta concentração excessiva, causa a inibição da síntese de PTH, o que pode contribuir para o aumento da densidade óssea para maiores concentrações de alumínio

Ainda pelo gráfico 1 pode-se observar que para o primeiro abate não houve variação na densidade óssea com os diferentes níveis de alumínio fornecido na ração. Esse resultado mostrou que neste caso não houve tempo hábil para que se observasse a influência do alumínio.

O coeficiente de correlação polinomial para a curva do primeiro abate da densidade à umidade de saturação é de 0,94. E a equação da curva é dada por:

$$\rho = 1,220 - 0,003c + 7,371 \times 10^{-5} c^2 \quad (7)$$

Sendo que ρ representa a densidade na umidade de saturação à concentração de alumínio na ração fornecida.

O coeficiente de correlação polinomial para a curva do segundo abate da densidade à umidade de saturação é de 0,83. E a equação da curva é dada por:

$$\rho = 1,450 - 0,020c + 3,916 \times 10^{-4}c^2 \quad (8)$$

Sendo que ρ representa a densidade na umidade ambiente c à concentração de alumínio na ração fornecida.

1.5.2 Densidade na umidade ambiente

Os dados obtidos para densidade óssea na umidade ambiente no primeiro abate são apresentados na tabela 4, e os dados referentes ao segundo abate são apresentados na tabela 5. Essas duas tabelas apresentam os dados de cada um dos cinco tratamentos com seis repetições, juntamente com suas médias, variâncias e desvios padrão.

Tabela 4: Densidades na umidade ambiente (g/cm^3) para cada tratamento do primeiro abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrão

	T1	T2	T3	T4	T5
	1,29	1,15	2,03	1,19	1,23
	0,89	0,94	1,08	1,13	1,62
	1,04	1,17	1,12	0,96	1,02
	1,22	1,72	0,93	1,91	1,39
	1,35	1,36	0,89	1,11	0,92
	1,86	1,39	1	0,93	1,34
Média	1,28	1,29	1,18	1,21	1,25
Variância	0,11	0,07	0,18	0,13	0,07
Desvio Padrão	0,33	0,27	0,43	0,36	0,26

Tabela 5: Densidades na umidade ambiente (g/cm^3) para cada tratamento no segundo abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrão.

	T1	T2	T3	T4	T5
	1,56	1,49	1,28	1,27	1,5
	1,5	1,45	1,51	1,53	1,78
	1,93	1,39	1,63	1,21	1,65
	1,09	1,21	1,7	1,14	1,12
	1,12	1,1	1,49	1,18	0,98
	1,41	1,58	1,2	1,25	1,7
Média	1,44	1,37	1,47	1,26	1,46
Variância	0,10	0,03	0,04	0,02	0,11
Desvio Padrão	0,31	0,18	0,19	0,14	0,33

Para o primeiro abate, foi realizada uma análise estatística para as densidades ósseas, utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância levando em consideração a conformação das gaiolas e comparando os demais tratamentos com a testemunha T1. Para esta análise não houve diferença significativa, confirmando o resultado já discutido, isto devido ao pequeno período entre a administração do alumínio e o abate.

Para o segundo abate, também foi realizada uma análise estatística para as densidades ósseas, utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância levando em consideração a conformação das gaiolas e comparando os demais tratamentos com a testemunha T1.

Pode-se verificar por esta análise que o tratamento T4 diferiu-se estatisticamente da testemunha T1, entretanto para tratamento T5 esta diferença não foi significativa.

Utilizou-se, também, uma regressão polinomial de grau dois para obter uma curva característica da densidade óssea em função concentração de alumínio na ração, como pode ser visto pelo gráfico 2, obtido das médias dos dados das tabelas 4 e 5.

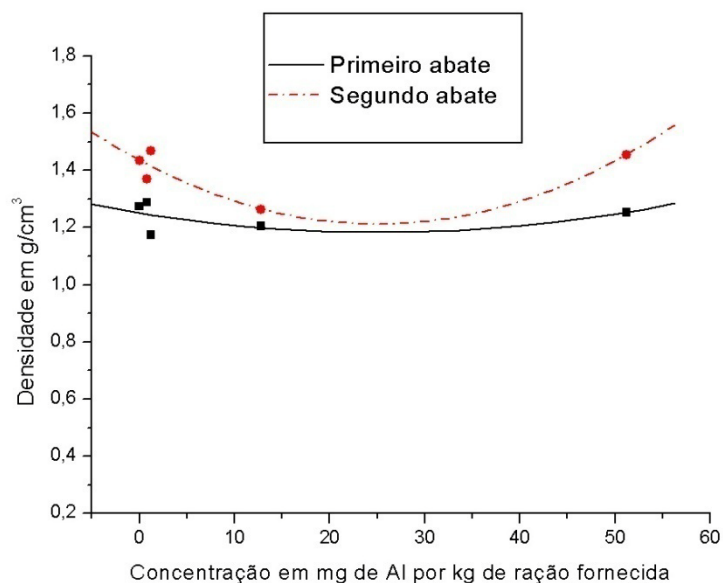


Gráfico 2: Regressão polinomial de grau dois, para os dois abates, da densidade óssea na umidade ambiente (g/cm^3) em função das diferentes concentrações de alumínio na ração fornecida.

Reiteramos aqui que no primeiro abate as aves possuíam idades de 43 semanas e noventa dias de ingestão de alumínio, e no segundo abate as mesmas tinham idade de 55 semanas e 180 dias de ingestão de alumínio.

Pode-se observar novamente, como se esperava, uma diferença nas densidades ósseas, sendo os maiores valores de densidade para a idade de 55 semanas.

Observa-se pelo gráfico que o ponto de mínimo também está próximo de 20 miligramas de Al por quilograma de ração fornecida. Isto já fora observado no gráfico 1, que apresentou a mesma tendência de crescimento até o tratamento T5. Esse resultado foi explicado por (Corte, *et. al*, 2001), que relaciona o fato à inibição da síntese de PTH.

No primeiro abate, o coeficiente de correlação polinomial para a curva da densidade na umidade ambiente é de 0,466. E a equação da curva é dada por:

$$\rho = 1,250 - 0,005c + 1,058 \times 10^{-4}c^2 \quad (9)$$

Sendo que ρ representa a densidade na umidade ambiente c à concentração de alumínio na ração fornecida.

O coeficiente de correlação polinomial para a curva do segundo abate da densidade à umidade ambiente é de 0,898. E a equação da curva é dada por:

$$\rho = 1,435 - 0,018c + 3,550 \times 10^{-4}c^2 \quad (10)$$

Sendo ρ representa a densidade na umidade ambiente à concentração de alumínio na ração fornecida.

1.5.3 Comparação entre os métodos

Foi feita uma correlação entre a densidade na umidade de saturação e entre a densidade na umidade ambiente, esta correlação pode ser observada através do gráfico 3.

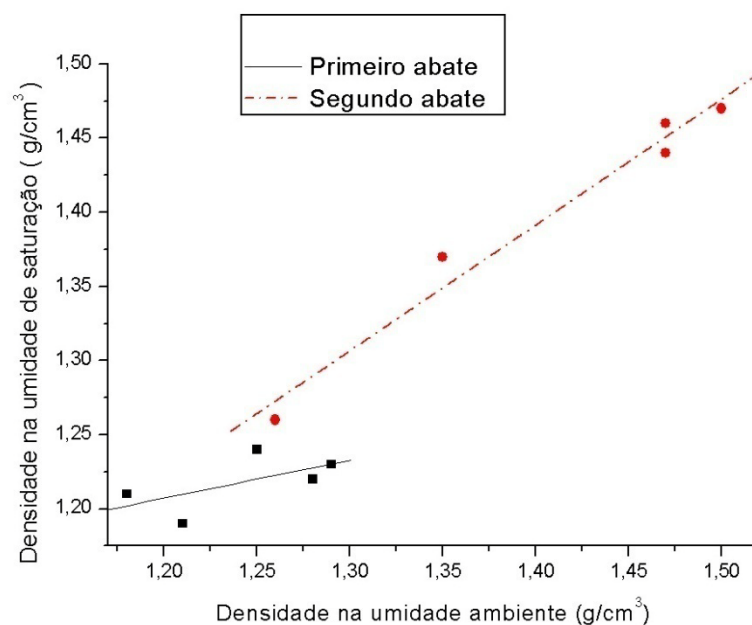


Gráfico 3: Regressão linear da densidade na umidade de saturação em função da umidade ambiente

No primeiro abate, o coeficiente de correlação linear para a curva da densidade na umidade de saturação em função da densidade na umidade ambiente é de 0,79. E a equação da curva é dada por:

$$\rho_s = 0,900 + 0,256\rho_a \quad (11)$$

Sendo que ρ_s é a densidade na umidade de saturação e ρ_a é a densidade na umidade ambiente.

Para o segundo abate, o coeficiente de correlação linear para a curva da densidade na umidade de saturação em função da densidade na umidade ambiente é de 0,99. E a equação da curva é dada por:

$$\rho_s = 0,201 + 0,848\rho_a \quad (12)$$

Sendo que ρ_s é a densidade na umidade de saturação e ρ_a é a densidade na umidade ambiente.

Optando por uma regressão linear passando pela origem (0,0) do tipo $y = bx$, em que b é definido por:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (13)$$

Sendo y a densidade na umidade de saturação (ρ_s), e x a densidade na umidade ambiente (ρ_a), obtiveram-se as equações (13) para o primeiro e (14) para o segundo abate.

$$\rho_s = 0,914\rho_a \quad (14)$$

$$\rho_s = 0,992\rho_a \quad (15)$$

Os resultados mostraram que os valores obtidos para a densidade na umidade de saturação estiveram bem próximos dos valores obtidos na umidade ambiente, principalmente para o segundo abate.

Para o primeiro abate houve uma maior diferença entre as metodologias sendo que a densidade na umidade ambiente superestimou os valores comparando com a densidade na umidade de saturação. Entretanto nas condições em que foram efetuadas as medidas, com os possíveis erros experimentais, os resultados foram concordantes.

Contudo, pode-se afirmar que a utilização de qualquer uma das duas metodologias usadas na imersão, para determinação da densidade óssea em laboratório pode ser utilizada. A umidade não influenciou nos resultados da densidade óssea.

1.6 Porosidade óssea

Os dados obtidos para porosidade óssea no primeiro abate são apresentados na tabela 6, e os dados referentes ao segundo abate são apresentados na tabela 7. Essas duas tabelas apresentam os dados de cada um dos cinco tratamentos com seis repetições, juntamente com suas médias, variâncias e desvios padrão.

Tabela 6: Porosidade para cada tratamento do primeiro abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrões.

	T1	T2	T3	T4	T5
	48,0	51,2	12,4	49,1	44,4
	62,1	62,1	26,4	51,5	15,3
	55,0	68,2	55,8	55,8	54,7
	49,7	3,7	54,1	22,4	53,1
	37,6	38,4	56,9	59,8	56,9
	20,0	47,2	61,7	58,9	13,8
Média	45,4	45,1	44,5	49,6	39,7
Variância	220,8	525,4	405,6	194,4	397,8
Desvio Padrão	14,9	22,9	20,1	13,9	19,9

Tabela 7: Porosidade para cada tratamento do segundo abate, com suas respectivas médias, variâncias e desvios padrões.

	T1	T2	T3	T4	T5
	46,9	33,6	62,9	53,7	45,8
	35,3	52,1	33,1	47,9	28,8
	16,3	39,9	42,5	56,9	34,1
	53,1	58,9	33,1	58,2	62,0
	51,9	52,5	32,8	63,1	51,7
	33,6	35,9	48,3	50,9	58,0
Média	39,5	45,5	42,1	55,1	46,7
Variância	196,8	107,7	143,9	29,4	173,2
Desvio Padrão	14,0	10,4	12,0	5,4	13,2

Utilizou-se uma regressão polinomial de grau dois para obter a curva característica da porosidade óssea em função concentração de alumínio na ração, como pode ser visto no gráfico 4.

Pode-se observar pelo gráfico 4 que a porosidade óssea aumenta com a concentração de alumínio fornecida, até o tratamento 4, voltando a decair para o T5.

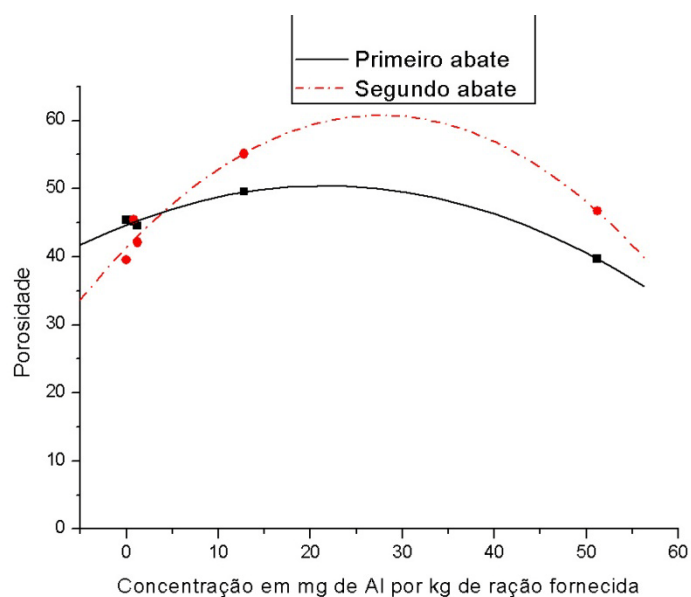


Gráfico 4: Regressão polinomial de grau dois, para os dois abates, porosidade em função das diferentes concentrações de alumínio fornecida na ração.

O coeficiente de correlação polinomial para a curva da porosidade do primeiro abate é de 0,99. E a equação da curva é dada por:

$$\delta = 44,71 + 0,530c - 0,012c^2 \quad (15)$$

Sendo que δ representa a porosidade c à concentração de alumínio na ração fornecida.

O coeficiente de correlação polinomial para a curva do segundo abate da porosidade é de 0,96. E a equação da curva é:

$$\delta = 41,41 + 1,405c - 0,025c^2 \quad (16)$$

Sendo que δ representa a porosidade c à concentração de alumínio na ração fornecida.

1.7 Concentração de cálcio nos ossos

Os dados obtidos para a concentração de cálcio nos ossos no primeiro abate são apresentados na tabela 9, e os dados referentes ao segundo abate são apresentados na tabela 10. Essas duas tabelas apresentam os dados de cada um dos cinco tratamentos com seis repetições, juntamente com suas médias, variâncias e desvios padrão

Tabela 9: Resultado da espectrometria em gramas de cálcio por quilograma de osso para o primeiro abate, juntamente com suas respectivas médias, variância e desvios padrão.

	T1	T2	T3	T4	T5
	266	278	279	273	287
	271	263	296	294	281
	276	272	277	275	270
	269	276	267	273	278
	284	279	216	280	246
	277	268	248	252	272
Média	273,8	272,7	263,8	274,5	272,3
Variância	42,2	39,1	797,4	184,3	204,3
Desvio Padrão	6,5	6,3	28,2	13,6	14,3

Tabela 10: Resultados da espectrometria em gramas de cálcio por quilograma de osso para o segundo abate, juntamente com suas respectivas médias, variância e desvios padrão.

	T1	T2	T3	T4	T5
	289	272	293	288	261
	275	271	296	283	285
	264	270	271	270	282
	290	289	266	275	298
	275	277	286	266	270
	273	268			283
Média	277,7	274,5	282,4	276,4	279,8
Variância	100,7	59,5	177,3	82,3	164,6
Desvio Padrão	10,0	7,7	13,3	9,1	12,8

Observar-se por estas tabelas, que não houve diferença significativa entre os tratamentos e entre os abate.

Conclusão

Pelos resultados pode-se concluir que níveis de alumínio acima 10 mg por kg de ração fornecida na dieta de codornas causou uma diminuição significativa na densidade óssea de codornas. Entretanto essa diferença só foi significativa nas codornas que possuíam 53 semanas de vida e 24 semana de ingestão de alumínio.

Os resultados enfatizam os cuidados que se deve tomar com relação ao alumínio em nosso cotidiano, podendo ser extremamente prejudicial aos animais e principalmente aos seres humanos.

A porosidade óssea nas codornas aumenta para os níveis acima de 10 mg de alumínio por kg de ração fornecida na dieta, demonstrando este parâmetro ser inversamente proporcional à densidade.

A concentração de cálcio nos ossos não apresentou resultados significativos, o que nos leva a concluir que a diferença causada pelo tratamento foi sutil, além de ser da ordem do erro do equipamento de espectrometria.

O método de imersão em água destilada demonstrou ser eficiente e preciso para as determinações da densidade óssea. Podendo representar a pesquisa tecnológica extremamente útil para a pesquisa na área de medicina veterinária e humana.

Referências Bibliográficas

ABDALLAH, A. G.; HARMS, R. H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poult.Science**, v. 72, p. 2038-2043, 1993.

AGUILAR, F.; AUTRUP, H.; BARLOW, S.; CASTLE, L.; CREBELLI, R.; DEKANT W.; ENGEL K.H.; GONTARD, N.; GOTT, D.; GRILLI, S.; GÜRTLER, R.; LARSEN, J.C.; LECLERCQ, C.; LEBLANC, J.C.; MALCATA, F.X.; MENNES W.; MILANA, M.R.; PRATT, I.; RIETJENS, I.; TOBBACK, P.; TOLDRÁ, F. Safety of aluminium from dietary intake. **The EFSA Journal**, v.754, p.1-34, 2008. Disponível em <http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902003996.htm>. Acesso em : 26 out. 2010.

APPOLONI, CR; POTTKER, WE. Non-destructive porosity profile measurement of amorphous materials by gamma-ray transmission. **Appl. Radiat.Isotopes**, v. 61, p. 1133 – 1138, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Cordenação Geral de Vigilância em Saúde ambiental. Portaria MS nº 518 de 2004. Brasília: Ministério Saúde, 2005. 28p.

CORTE, C.D. *et al.* Effect of aluminium load on parathyroid hormone synthesis. **Nephrol. Dial. Transplant.** v.16, p.742-745, 2001. Disponível em: <<http://ndt.oxfordjournals.org/cgi/reprint/16/4/742?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=effect+of+aluminium+load+on+parathyroid+hormone+synthesys&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 18 de mai. 2010.

DANTAS, ST. ; SARON, et al. Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, 2007v.27,p291-297,2007.

FERREIRA, P.C. *et al.* S.I.S. Aluminum as a risk factor for Alzheimer's disease. **Rev. Latino-Am. Enfermagem.** v.16, p. 151-157, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692008000100023&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 19 mai. 2010.

GROSSKLAUSS, D. B. B. S. **Análise Física da estrutura do tecido ósseo bovino**.2008_f. Conclusão de curso - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

HELLSTRÖM, H. **Bone and Aluminium**.2007.271f.Tese (Doutorado) faculty of medicine, Uppsala.

Hepatic abnormalities associated with aluminum loading in piglets. **J. Parenter. Enteral Nutr.** v.11, p.293-297, 1987. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3110447> >. Acesso em: 19 mai. 2010.

LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONEN, S. Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages. **Food Additives Contaminants**, v. 9.p. 213-223, 1992.

LLOPIS, L.S.; DÍEZ F.B.; Revisión de los estudios sobre exposición al alumínio y enfermedad de Alzheimer. **Rev. Esp. Salud Publica.** v.76, p. 645-658, 2002. Disponível em:< http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/vol76/vol76_6/RS866C_645.pdf> . Acesso em: 19 mai. 2010.

MORENG, R. E.; AVENS, J. S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990. 380p.

MORRISSEY, J. *et al.* Suppression of parathyroid hormone secretion by aluminum. **Kid. Intern.** v.23, p.699-704,1983. Disponível em: <<http://www.nature.com/ki/journal/v23/n5/pdf/ki198381a.pdf>>. Acesso em: 19 de mai. 2010.

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

N. D. PRIEST. The biological behaviour and bioavailability of aluminium in man, with special reference to studies employing aluminium-26 as a tracer: review and study update. **J. Environ. Monit.** v.6, p.375-403, 2004. Disponível em: <http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b314329p&JournalCode=EM>. Acesso em: 18 de mai. 2010.

NOGUEIRA FILHO, P.T.V., **Análises das propriedades físicas em estrutura do tecido ósseo eqüinos**, Trabalho de Conclusão de Curso – UNESP – Botucatu, 2007.

PEÑA, A.; MESEGUER, I.; MUÑOZ, M.J.G. Influencia del consumo moderado de cerveza sobre la toxicocinética del aluminio:estudio agudo. **Nutr Hosp.** v. 6, p. 371-

376, 2007. Disponível em:< <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v22n3/alimentos1.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2010.

REZENDE, M. A. Wood shrinkage of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and *Eucalyptus grandis* and their relationships with moisture content and specific gravity. **Sci. For.** n 64, p. 120-127, 2003.

SCHERER, C et al. Avaliação dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 22., 2004, Santos. **Anais...** Santos: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola, 2004. p.98.

SCOTT, ML.; NESHEIM, MC.; YOUNG, RJ. **Nutrition of the chicken**. 3. ed. New York: Ithaca, 1982. 562p.

Sjögren, B.; Iregren, A.; Frech, W. Hagman M.; Johansson, L.; Tesarz, M.; Wennberg, A. Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese. **Occup. Environ. Med.** v.53, p. 32-40,1996. Disponível em :< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1128401/>>. Acesso em : 27 out. 2010.

STELL R. G. D.; TORRIE J. H. Principles and procedures of statistics. **New York: McGraw-Hill**, 1980. 632 p.

YOKEL R.A.; MCNAMARA P.J. Aluminium toxicokinetics: an updated minireview. **Pharmacol. Toxicol.** V.88,p.159-167,2001.

WONG, W.W.K.; CHUNG, S.W.C.; KWONG, K.P.; HOA, Y. Y.; XIA Y. **Dietary exposure to aluminium of the Hong Kong population**. Food Add. Contam., v.40, p. 457-463, 2010. Disponível em:< <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a919897524~db=all~jumptype=rss>>. Acesso em: 26 out. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Relatório**. Roma, 2007. Relatório