

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)  
NAS FASES DE CRESCIMENTO E POSTURA

**RAFFAELLA CASTRO LIMA**

FORTALEZA - CEARÁ  
2009

RAFFAELLA CASTRO LIMA

NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)  
NAS FASES DE CRESCIMENTO E POSTURA

Dissertação submetida à Coordenação do  
Curso de Pós- Graduação em Zootecnia,  
da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Ednardo Rodrigues  
Freitas, D. Sc

FORTALEZA - CEARÁ

2009

Esta dissertação foi submetida a exame como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de acordo com as normas da ética científica.

**RAFFAELLA CASTRO LIMA**

Dissertação aprovada em Fortaleza, Ceará em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Ednardo Rodrigues Freitas, D.Sc.

ORIENTADOR

---

Prof.<sup>a</sup> Maria de Fátima Freire Fuentes, Ph.D

CONSELHEIRA

---

Prof. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento , D.Sc

CONSELHEIRO

---

Prof. Francisco Militão de Sousa, D.Sc.

CONSELHEIRO

*À minha avó Erotildes Elisa Lima (In memorian), pela indiscutível falta que faz em minha vida e saudades sem fim.*

*À minha mãe Suely Elisa Lima, pelo exemplo de coragem, amor e dedicação à família.*

*Ao meu pai Vicente de Paula Castro (In memorian), por seu exemplo de força e altivez, até o fim.*

*Ao meu irmão Jorge Luis Moreira Lima, que com sua alegria e amizade torna os meus dias mais felizes.*

*Aos meus verdadeiros amigos.*

## **DEDICO**

*Ao Prof. Ednardo Rodrigues Freitas, pela sua capacidade profissional, indiscutível inteligência e pela valorosa contribuição como orientador na construção deste trabalho, imprescindível para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Foi por todos esses anos de convívio meu exemplo de responsabilidade e competência profissional, contribuindo com seus conhecimentos para minha formação acadêmica. Meu reconhecimento e gratidão traduzem-se nesta Dissertação de Mestrado.*

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

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

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo patrocínio para execução desta pesquisa.

Ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pela realização das análises químicas, em especial às queridas funcionárias Roseane e Helena, sempre dispostas a ajudar nas atividades diárias do laboratório.

Ao Setor de Avicultura, representado pelos funcionários Cláudio, Isaías, Marcos, Paulo e “Seu Chico”, todos muito amigos e solícitos na época da realização dos experimentos, ajudando em todas as situações possíveis e imagináveis. Tenho muitas recordações engraçadas de nossas conversas divertidas... sentirei saudades do convívio diário.

Ao funcionário Olavo Bastos da Fábrica de Ração, sempre disposto a nos ajudar quando não tínhamos (Eu e Débora) ajuda masculina para fazer ração. Muito obrigada pela sua presença sempre agradável e descontraída.

À Débora, amiga do curso de Pós- Graduação que se tornou com o passar do tempo, uma amiga para a vida toda. Obrigada por tudo o que fez por mim, durante todo o curso, me ajudando e apoiando nos momentos difíceis de minha vida que infelizmente aconteceram nesse período.

Aos estudantes de graduação André, Carlos Alberto, Melânia (Mel), Nadja, Newton e Patrícia pela grande contribuição durante a realização dos experimentos.

Aos amigos Danielle de Abreu, Leninha Silveira, Marcílio, Nádia de Melo e Roseane Madeira pela amizade e companheirismo. Obrigada pelo carinho sincero.

Às amigas do curso de Pós-Graduação, Juliana, Kassiana e Daliane, que durante a jornada de estudos foram companheiras.

A todos que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE FIGURAS

Resumo.....	9
Abstract.....	11
1. Introdução.....	13
2. Revisão de literatura.....	15
2.1 Considerações gerais sobre os minerais.....	15
2.2 Equilíbrio ácido-básico.....	15
2.2.1 Nutrientes da dieta e o equilíbrio ácido-básico.....	17
2.3 Sódio.....	17
2.3.1 Fontes de sódio para as aves.....	18
2.3.2 Mecanismos de transporte de sódio.....	19
2.3.3 Absorção de sódio.....	21
2.4 Homeostase do sódio no organismo animal.....	21
2.4.1 Atividade do hormônio antidiurético (ADH) no controle da osmolaridade e da concentração de sódio no líquido extracelular.....	22
2.4.2 Atividade da aldosterona no controle da excreção de sódio.....	22
2.5 Importância do sódio no desempenho das aves.....	23
2.6 Regulação da ingestão de água pelas aves.....	28
3. Referência Bibliográfica.....	30

**CAPÍTULO I** – Níveis de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)  
na fase de crescimento e seus efeitos na fase de produção

---

Resumo.....	37
Abstract.....	38
1. Introdução.....	39
2. Material e métodos.....	40
3. Resultados e discussão.....	43
4. Conclusão.....	54
5. Referência Bibliográfica.....	55

**CAPÍTULO II** – Níveis de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)  
na fase de produção

---

Resumo.....	59
Abstract.....	60
1. Introdução.....	61
2. Material e métodos.....	62
3. Resultados e discussão.....	66
4. Conclusão.....	78
5. Referência Bibliográfica.....	79

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Conteúdo de eletrólitos de alguns ingredientes utilizados nas formulações das rações para as aves.....	19
TABELA 2 – Composição percentual e nutricional calculada e balanço eletrolítico das rações experimentais utilizadas na fase de crescimento e produção.....	41
TABELA 3 – Desempenho de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de sódio na fase de crescimento.....	44
TABELA 4 – Efeito dos níveis nutricionais de sódio sobre a umidade das excretas, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das rações de codornas na fase de crescimento.....	50
TABELA 5 – Desempenho de codornas japonesas na fase de produção, alimentadas com rações com diferentes níveis de sódio na fase de crescimento.....	52
TABELA 6 – Composição percentual e nutricional calculada e balanço eletrolítico das rações experimentais utilizadas na fase de produção.....	63
TABELA 7 – Consumo de ração (CONS), consumo de água (COA), percentagem de postura (POST), peso do ovo (POVO), massa de ovo (MASSA) e conversão alimentar (CA) de codornas em postura alimentadas com rações contendo diferentes níveis de sódio.....	66
TABELA 8 – Componentes e qualidade dos ovos de codornas japonesas.....	71

TABELA 9 – Efeito dos níveis nutricionais de sódio sobre a umidade das excretas, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das rações de codornas na fase de produção.....	75
---	----

### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 – Resposta fisiológica a um déficit hídrico no organismo.....	29
--	----

**NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NAS FASES DE CRESCIMENTO E POSTURA**

**RESUMO-** Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de sódio da ração nas fases de crescimento e de postura de codornas japonesas foram realizados dois experimentos, nos quais, foram avaliados os níveis de 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32% de sódio. No primeiro experimento (fase de crescimento), 480 codornas com um dia de idade, foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos de oito repetições de dez aves cada. Conforme os resultados, no período de 1 a 21 dias, houve aumento linear do consumo de ração e água com aumento dos níveis de sódio e efeito quadrático no ganho de peso e conversão alimentar com níveis ótimos de 0,23% e 0,21% de sódio, respectivamente. De 21 a 42 dias, houve redução linear no ganho de peso, aumento linear no consumo de água e prejuízo na conversão alimentar com o acréscimo de sódio na ração, enquanto, o consumo de ração não foi influenciado. No período total (1 a 42 dias de idade) com o aumento de sódio na ração, observou-se aumento linear no consumo de água e na umidade das excretas e efeito quadrático sobre a digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN), energia bruta (CDEB) e valores energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) com níveis ótimos estimados de 0,20% para CDMS, 0,27% para o CDN e 0,19% para CDEB, EMA e EMAn. Ainda, nesse ensaio, observou-se que o desempenho da fase de postura não foi influenciado significativamente pelo nível de sódio recebido pelas codornas na fase de crescimento. No segundo experimento, 288 codornas com 16 semanas de idade foram distribuídas ao acaso em seis tratamentos com oito repetições de seis aves por unidade experimental. Houve aumento linear do consumo de ração, consumo de água e peso do ovo com o acréscimo de sódio e efeito quadrático para produção de ovos, massa de ovo e conversão alimentar com níveis ótimos de 0,23%, 0,24% e 0,23% de sódio, respectivamente. Também, houve efeito quadrático dos níveis de sódio para as percentagens de gema, casca e albúmen, obtendo-se máxima proporção de albúmen e casca e mínima de gema com 0,21% de sódio. Não houve efeito significativo dos níveis de sódio para Unidades Haugh, entretanto houve efeito quadrático para gravidade específica, com nível ótimo de 0,22% de sódio. O acréscimo de sódio não afetou a umidade das excretas, mas houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN), energia bruta (CDEB) e valores energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) com níveis ótimos estimados de 0,24% para CDMS, 0,22% para CDN, 0,21% para CDEB e 0,18% para EMA e EMAn.

Considerando os resultados, pode-se recomendar que as rações para codornas japonesas na fase de crescimento (1 a 42 dias) sejam formuladas com níveis de sódio entre 0,12% e 0,23% e na fase de produção, com níveis entre 0,18% e 0,23% de sódio.

**Palavras-chave:** balanço eletrolítico, bicarbonato de sódio, minerais, produção, sal

## **SODIUM LEVELS FOR JAPANESE QUAIL (*Coturnix coturnix japonica*) IN THE GROWING AND PRODUCTION PHASES**

**ABSTRACT-** With the aim to evaluate the effects of the sodium levels in the growth and laying phases of Japanese quails, we conducted two experiments in which we evaluated the sodium levels of de 0,07%; 0,12%; 0,17%; 0,22%; 0,27% and 0,32%. In the first experiment (growth phase), 480 quails with one day were distributed in a completely randomized design with six treatments of eight replications of ten birds each. According to the results, in the period from 1 to 21 days, there was a linear increase in feed and water intake with the increase in sodium levels and a quadratic effect in the weight gain and feed conversion with optimum sodium levels of 0,23% and 0,21%, respectively. In the period from 21 to 42 days, there was a linear reduction in the weight gain, linear increase in water intake and worse in feed conversion with the increase in sodium in the ration, while feed intake was not affected. In the total period (1 to 42 days of age) with the increase in sodium in the ration, we observed a linear increase in the water intake and in the excreta moisture and a quadratic effect on the digestibility of the dry matter (DCMS), nitrogen (CDN), gross energy (DCEB) and values of apparent metabolizable energy (AME) and apparent corrected (AMEn) with estimated optimum levels of 0,20% for DCMS, 0,27% for CDN and 0,19% for DCEB, AME and AMEn. Moreover, in this experiment we observed that the performance of the laying phase was not influenced significantly by the sodium level supplied to quails in the growth phase. In the second experiment, 288 quails with 16 weeks of age were distributed at random in six treatments with eight replications of six birds each. There was a linear increase in feed intake, in water intake, and in egg weight with the increase in sodium levels and a quadratic effect for egg production, egg mass and feed conversion with optimum sodium levels of 0,23%, 0,24% and 0,23%, respectively. Also, there was a quadratic effect of the sodium levels for percentages the yolk, shell and albumen, obtaining a maximum proportion of albumen and shell and a minimum proportion of yolk with a 0,21% sodium level. There was no significant effect of the sodium levels for the Haugh Units. However, there was a quadratic for specific gravity, with an optimum sodium level of 0.22%. The increase in sodium content did not affect the excreta moisture, but there was a quadratic effect on the digestibility of dry matter (DCMS), nitrogen (CDN), gross energy (DCEB) and values of apparent metabolizable energy (AME) and apparent corrected (AMEn) with estimated optimum levels of 0,24% for CDMS, 0,22% for CDN, 0,21% for CDEB and 0,18% for AME and AMEn.

Considering the results, we can recommend that the diets for Japanese quails in the growth phase (1 to 42 days) are formulated with sodium levels between 0,12% and 0,23% and in the production phase with sodium levels between 0,18% and 0,23%.

**Keywords:** electrolyte balance, sodium bicarbonate, minerals, production, salt

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de codornas é uma atividade que vem crescendo no Brasil e despertando a atenção de pesquisadores no sentido de desenvolver pesquisas que venham contribuir para o maior aprimoramento e fixação desta cultura como uma fonte rentável (Furlan et al., 1998) pois além da carne de alta qualidade, a codorna se destaca como grande produtora de ovos, sendo esse o objetivo principal da criação no Brasil (Murakami & Arika, 1998).

Embora sem informações estatísticas oficiais, os representantes das agroindústrias da cadeia produtiva de codornas afirmam que o consumo de ovos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, como resultado de mudanças nos hábitos alimentares do homem moderno, que tem procurado cada vez mais restaurantes do tipo *self-service* e, do aumento no número de refeições preparadas em estabelecimentos institucionais (Bressan & Rosa, 2002).

O progresso na atividade, evidenciado pelo aumento no consumo de ovos de codorna, está associado à maior oferta do produto ocasionada pela maior produtividade no segmento coturnícola. Para obtenção de bons resultados produtivos na atividade, foi necessário um maior conhecimento dos criadores sobre as exigências nutricionais da codorna, utilização de instalações adequadas e melhores condições de manejo.

Para que a atividade se torne cada vez mais rentável, pesquisas na área da nutrição animal tem sido realizadas objetivando reduzir o custo direcionado para a alimentação das aves, que chega a representar de 75 a 80% do custo total de produção.

Componentes como fontes de proteína e energia participam em maiores proporções no custo de produção da ração, sendo esse um dos motivos da realização de inúmeras pesquisas que avaliam e determinam os melhores níveis e novas fontes alternativas desses nutrientes na alimentação das aves. Talvez por isso, nutrientes não menos importantes como os minerais, mas essencialmente exigidos pelas codornas em menores proporções na ração são pouco estudados pelos pesquisadores, fato que pode comprometer o desempenho animal.

Dentre os minerais, podemos destacar o sódio, por conta de sua grande importância no funcionamento do metabolismo animal, porém, por ser adicionado em quantidade mínima na ração e por ser facilmente adquirido a um baixo custo na forma de sal comum (NaCl), tem sido preterido em relação a outros minerais como o cálcio e o

fósforo, largamente estudados e facilmente encontrados na literatura nacional e estrangeira.

Por ser o principal cátion presente nos fluídos extracelulares, a importância do sódio na manutenção das funções vitais normais é bastante conhecida (Barros et al., 2004). Ele atua essencialmente no equilíbrio ácido básico e na pressão osmótica corporal, na atividade elétrica das células nervosas e do músculo cardíaco, na permeabilidade celular e no metabolismo de monossacarídeos, aminoácidos, minerais e vitaminas (Patience, 1990; Guyton & Hall, 1997). Níveis marginais de sódio nas rações reduzem a absorção de aminoácidos e monossacarídeos pelo trato gastrointestinal, cujo transporte é altamente dependente da bomba sódio-potássio, com prejuízo nas taxas de ganho de peso e de conversão alimentar (Barros et al., 2004).

Atualmente as exigências nutricionais de codornas japonesas são baseadas em tabelas de exigências nutricionais de outros países como o NRC (1994), não sendo essas ideais para as condições tropicais brasileiras (Pizzolante et al., 2006), além do que a maioria dos dados compilados nessa publicação foi obtida há mais de vinte e quatro anos com aves que apresentavam potencial genético bastante diferente das codornas criadas atualmente.

Diante o exposto, o objetivo da pesquisa foi determinar a exigência de sódio para codornas japonesas nas fases de crescimento e na fase de produção.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Considerações gerais sobre os minerais

Todos os organismos vivos, animais ou vegetais, apresentam quantidades variáveis de minerais, que são necessários para manter seu metabolismo fisiológico. Constantemente tem se buscado a quantidade e a forma ideal de suplementação mineral na dieta, uma vez que sua deficiência pode causar grandes prejuízos para o organismo animal.

Os minerais podem atuar como componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo, como constituintes de fluidos na forma de eletrólitos e como catalizadores de processos enzimáticos e hormonais. Em termos nutricionais, aqueles minerais que são necessários em maiores quantidades pelo organismo são classificados macrominerais (Na, Cl, K, Ca, P, Mg, S), enquanto outros necessários em menores quantidade são classificados como microminerais (Fe, Zn, Se, Cu, Mn, I, Cr, Ni, Mo, Co). Vale salientar que, apesar dos microminerais serem necessários em quantidades ínfimas pelos animais, apresentam papel fundamental em várias rotas metabólicas essenciais para o crescimento e a vida. Os minerais não podem ser sintetizados pelos organismos vivos, devendo, portanto, ser fornecidos pela dieta dos animais (Maiorka & Macari, 2002).

Nas aves, a composição corporal em minerais varia de 2% a 5% conforme a raça, espécie e a própria ave. Os minerais são importantes na transferência da energia relacionada ao metabolismo celular (fósforo), na constituição do protoplasma e do tecido ósseo (cálcio, fósforo e magnésio) e contribuem para estabelecer e manter a pressão osmótica e o equilíbrio ácido-básico (EAB) (sódio, cloro e potássio) dos animais (Murakami et al., 2006).

A proporção dietética dos íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ), isto é, o balanço de eletrólitos monovalentes, é importante determinadora no EAB dos animais (Gonzales & Mendonça Jr., 2006). Assim, os efeitos do balanço eletrolítico (BE) da ração sobre o desempenho de aves podem estar relacionados com as alterações do EAB dos líquidos corporais (Mongin, 1981).

### 2.2 Equilíbrio ácido-básico

O  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$  são os principais íons do fluido extracelular, enquanto o  $\text{K}^+$  é o principal cátion do fluido intracelular. O sódio contribui com mais de 90% dos cátions sanguíneos, sendo equilibrado pela presença de cloreto, bicarbonato e ânions diversos

como os sulfatos fosfatos e ácidos orgânicos (Glashan, 1990) e o potássio é responsável por 50% da osmolaridade do fluido intracelular (Vieites et al., 2004).

A osmorregulação é conseguida pela homeostasia destes íons extra e intracelular. Em condições ótimas, os conteúdos de água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos, mas a perda ou ganho de eletrólitos, sem alteração no conteúdo de água do corpo, altera a osmolaridade destes fluidos (Borges et al., 2003).

Variações do balanço ácido-básico no organismo animal alteram os valores de pH, as concentrações de dióxido de carbono e o excesso de base sanguínea (Austic & Keshavarz, 1988; Keshavarz, 1991). Essas variações, também citadas por Mongin (1980) e Patience (1990), exercem influência sobre o crescimento, o consumo, a qualidade da casca de ovos, o desenvolvimento ósseo e o metabolismo de certos nutrientes como aminoácidos, minerais e vitaminas.

O EAB está diretamente ligado aos eletrólitos ingeridos pelas aves. Ele é determinado pela diferença entre cátions e ânions ingeridos e excretados (Vieites et al., 2004). Como os eletrólitos são responsáveis pela manutenção da água corporal e do balanço iônico, as exigências de sódio, potássio e cloro não podem ser consideradas individualmente (Junqueira et al., 2000). Por conta disso, na determinação do BE utiliza-se o N° de Mongin (NM), que descreve a relação de eletrólitos na ração, através fórmula  $NM = \% Na^+ \times 10000 / 22,990^* + \% K^+ \times 10000 / 39,102^* - \% Cl^- \times 10000 / 35,453^*$  (\* Equivalente grama do Na, K e Cl, respectivamente), expresso em mEq/kg da ração.

O BE se define como a diferença entre os principais cátions e ânions e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da ração. Muitas pesquisas têm sido direcionadas ao estudo de expressões simplificadas do BE, de forma a identificar a relação crítica de eletrólitos para o uso de formulações práticas de rações (Silva, 2004).

Dietas enriquecidas com ânions tais como cloreto, sulfato e fosfato tendem a causar acidose, enquanto que dietas enriquecidas em sódio e potássio tendem a causar alcalose (Keshavarz, 1991). A alta concentração de ânions na dieta diminui a qualidade da casca dos ovos e diminui o pH, enquanto a alta concentração de cátions está associada à melhora da qualidade da casca dos ovos e ao alto pH no sangue (Miles & Rossi, 1984).

Mongin (1980) enfatizou a importância de ajustar o conteúdo de minerais da ração para encontrar a exigência do animal e manter o balanço essencial para ótimo desempenho, porque, quando o balanço se altera para acidose ou alcalose, as vias metabólicas não funcionam apropriadamente. Segundo Gonzales & Mendonça Jr.

(2006), quando o equilíbrio ácido-básico é desviado para uma situação de alcalose ou acidose, os passos metabólicos são envolvidos prioritariamente na regulação homeostática em detrimento dos processos produtivos.

### **2.2.1 Nutrientes da dieta e o equilíbrio ácido- básico**

O sódio, cloro e potássio não são os únicos componentes da ração que influenciam o EAB do animal, mas outros como a energia e a proteína (conforme os aminoácidos que as compõe) podem alterar este equilíbrio. Por conta disso, diversas manipulações da dieta tem sido avaliadas no sentido de reduzir o desequilíbrio ácido-básico e suas conseqüências.

A completa oxidação dos carboidratos e triglicerídeos para fornecimento de energia ao animal libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) que são posteriormente eliminados pelas vias respiratórias das aves. Porém, no metabolismo incompleto dos carboidratos, como no caso de baixa oxigenação dos tecidos (hipóxia) ou ainda quando há distúrbios no metabolismo das gorduras, como o catabolismo exagerado, ocorre a formação de ácido lático e corpos cetônicos, respectivamente, que podem se acumular e contribuir para acidificação dos fluídos corporais (Furlan et al., 2002).

Segundo Patience (1990), o equilíbrio ácido-básico pode sofrer influência também, do metabolismo de aminoácidos como a lisina, arginina, histidina, que por serem catiônicos, sua oxidação pode resultar em acidose metabólica como também, a oxidação de aminoácidos sulfurados como a metionina e cistina que geram ácido sulfúrico. Já a oxidação de aminoácidos dicarboxílicos como a glutamina podem resultar em alcalose metabólica.

### **2.3 Sódio**

O sódio pertence ao grupo dos metais alcalinos na tabela periódica e é representado pelo símbolo atômico  $\text{Na}^+$ , número atômico 11 e peso atômico 23 (Fonseca, 2007). É o quarto elemento em abundancia na natureza, constitui 2,8% da crosta terrestre e em estado livre é um metal prateado e branco. Conduz facilmente o calor, a eletricidade e apresenta efeito fotoelétrico, ou seja, emite elétrons quando exposto à luz (Tabela Periódica, sd).

O sódio é um cátion monovalente encontrado no soro sanguíneo e nos líquidos extracelulares (Murakami et al., 2006) e seu conteúdo no organismo animal pode variar entre 0,11% e 0,13%. Parte desse sódio encontra-se no esqueleto, na forma insolúvel,

sendo praticamente inerte no organismo, e a maior porcentagem está presente no líquido extracelular, com aproximadamente 93% do total de cátions do plasma sanguíneo (Barros et al. 2004).

A importância do sódio no organismo está relacionada ao controle da pressão osmótica, equilíbrio ácido-básico, absorção de aminoácidos (lisina, arginina), glicose, cálcio, fósforo e de vitaminas hidrossolúveis (riboflavina, tiamina, ácido ascórbico), excitabilidade nervosa, contração muscular e cardíaca e mineralização óssea (Guyton & Hall, 1997; Murakami, 2000; Furlan et al., 2002).

A ingestão contínua de ração deficiente ou com excesso de sódio induz mudanças na concentração desse mineral nos tecidos e fluidos corporais. Em tais circunstâncias, lesões bioquímicas devem ocorrer, funções fisiológicas serão afetadas adversamente e desordens estruturais devem surgir, variando com o grau e duração da deficiência dietética ou toxidez, a idade, o sexo e a espécie animal envolvida. Para prevenção dessas mudanças, o animal deve ser alimentado com dietas palatáveis e atóxicas, contendo níveis de sódio e de outros nutrientes, em quantidades e proporções exigidas e em formas disponíveis para o organismo animal (Underwood & Suttle citado por Ribeiro, 2007).

### **2.3.1 Fontes de sódio para as aves**

O sódio pode ser encontrado na água juntamente com o cálcio, magnésio, cloro e enxofre e juntos, integram os chamados sólidos dissolvidos totais (SDT). Essa determinação está relacionada com a salinidade da água e representa o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. À medida que o SDT aumenta, a qualidade da água é afetada negativamente, causando a repulsa dos animais para o consumo de água e o prejuízo no desempenho zootécnico (Penz Junior, 2002).

Os níveis de sódio na água variam de acordo com a literatura consultada, sendo necessário, portanto, a realização prévia de análises químicas para avaliação da qualidade da água, incluindo também a determinação da concentração de minerais como o sódio. Weltzien (2002) e Summers (sd) recomendaram níveis de sódio na água de 50-300 ppm e 32 - 50 mg /L, respectivamente, para dessedentação de aves.

O sódio pode ser encontrado em fontes suplementares utilizadas na alimentação de aves. Podemos destacar as mais utilizadas como o cloreto de sódio que contém aproximadamente 40% de sódio e 60% de cloro (Murakami et al., 2001) e o bicarbonato de sódio, contendo 27% de sódio (Ribeiro et al., 2008).

O sódio está presente também em grãos comumente utilizados na alimentação de aves e em produtos de origem animal (Tabela 1). A maioria dos grãos é pobre em sódio, enquanto que os subprodutos de origem animal são mais ricos que os concentrados protéicos de origem vegetal. Os grãos de cereais são mais ricos em cloro que em sódio e justamente por isso, quando o cloreto de sódio é retirado da ração, o sódio mostra-se mais limitante em relação ao cloro.

Verifica-se, portanto, a necessidade de se ajustar os níveis desse mineral na alimentação das aves, já que a maioria das rações é formulada à base de milho e farelo de soja, sem a utilização de subprodutos de origem animal.

**TABELA 1** – Conteúdo de eletrólitos de alguns ingredientes utilizados nas formulações das rações para aves

Ingredientes	%Na	% K	% Cl	mEq/Kg
Milho <sup>1</sup>	0,02	0,28	0,05	66,20
Soja, farelo (45%) <sup>1</sup>	0,02	1,83	0,05	462,60
Sorgo, baixo tanino <sup>1</sup>	0,02	0,34	0,05	81,55
Trigo, farelo <sup>1</sup>	0,02	1,03	0,06	255,19
Coco, farelo <sup>1</sup>	0,05	1,61	0,80	207,84
Carne e ossos, farinha (35%) <sup>1</sup>	0,49	0,70	0,50	251,12
Sangue, farinha <sup>1</sup>	0,48	0,26	0,36	173,74
Penas, farinha (75%) <sup>1</sup>	0,12	0,12	0,19	29,29
Peixe, farinha (54%) <sup>1</sup>	0,50	0,58	0,70	168,37

<sup>1</sup> Com base na matéria natural  
Adaptado de Rostagno et al. (2005)

### 2.3.2 Mecanismos de transporte de sódio

A composição de íons do líquido extracelular e intracelular difere entre si. O líquido extracelular contém grandes quantidades de sódio, mas pequenas quantidades de potássio. Exatamente o oposto ocorre no líquido intracelular. Ao mesmo tempo, o líquido extracelular contém grande quantidade de cloreto, enquanto o líquido intracelular só o tem em pequenas quantidades. As concentrações de fosfato e de proteínas no líquido intracelular são consideravelmente maiores que as do líquido extracelular. Todas essas diferenças, produzidas pelos mecanismos de transporte das membranas celulares, são extremamente importantes para a vida da célula por manterem o equilíbrio eletrolítico do organismo (Guyton & Hall, 1997).

Segundo Guyton & Hall, (1997), o sódio pode ser transportado nos líquidos corporais por alguns mecanismos distintos: difusão simples, transporte ativo primário

(bomba de sódio-potássio) e transporte ativo secundário (co-transporte e contratransporte).

O processo de difusão simples do sódio é feito através do chamado canal de sódio localizado na membrana celular, onde uma vez no interior do canal, os íons sódio podem difundir-se em qualquer direção. Nesse processo não há necessidade de fixação dos íons em proteínas carreadoras.

O transporte ativo primário é feito através da bomba sódio-potássio. O processo de funcionamento da bomba ocorre através do bombeamento de 3 íons sódio para fora da célula, através da membrana celular, enquanto, ao mesmo tempo, há o bombeamento de 2 íons potássio de fora para dentro. Essa bomba está presente em todas as células do corpo sendo responsável pela manutenção das diferenças de concentração de sódio e de potássio através da membrana celular. No momento da fixação dos íons sódio na parte interna da proteína carreadora e dos íons potássio na parte externa, a função da ATPase da proteína é ativada, clivando uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) e liberando a energia de uma ligação fosfato rica em energia. É provável que seja essa energia a responsável por expulsar o sódio para o exterior trazendo o potássio para o interior.

Uma das mais importantes funções da bomba Na-K é a de controlar o volume das células, através da perda contínua de substâncias iônicas, o que produz tendência osmótica oposta para deslocar a água para fora da célula (Guyton & Hall, 1997).

O mecanismo de co-transporte envolvendo o sódio pode ocorrer com moléculas orgânicas como aminoácidos, carboidratos, minerais e vitaminas (Cunningham, 1993). Para que o sódio possa levar consigo outras substâncias, é necessário um mecanismo de acoplamento. Isso é realizado por meio de uma proteína carreadora da membrana celular. Neste caso, o carreador atua como ponto de fixação para o íon sódio e para as substâncias que vão ser co-transportadas. Uma vez tendo acontecido a fixação dos dois, ocorre alteração conformacional da proteína carreadora e o gradiente de energia do sódio faz com que tanto o íon sódio como a substância co-transportada sejam transferidos juntos de fora para o interior da célula (Guyton & Hall, 1997).

Já no mecanismo de contratransporte, a substância que vai ser transportada está no interior da célula e deve ser transportada para o exterior. Então, o íon sódio se fixa à proteína carreadora em sua extremidade que se projeta para fora, na face externa da membrana celular, enquanto a substância que vai ser contratransportada se fixa à projeção interna da proteína carreadora. Uma vez tendo acontecida a fixação dos dois, ocorre nova alteração conformacional, com a energia do íon sódio o transferindo para o

interior e levando a outra substância a se deslocar para o exterior. Dois mecanismos muito conhecidos e especialmente importantes de contratransporte são os de contratransporte sódio-cálcio e contratransporte sódio-hidrogênio, este último de grande importância na regulação dos íons  $H^+$  nos líquidos corporais (Guyton & Hall, 1997).

### **2.3.3 Absorção de sódio**

Dentre os íons  $Na^+$ ,  $Cl^-$  e  $K^+$ , o sódio é o mais rapidamente absorvido, principalmente na porção superior do intestino delgado, embora sua absorção possa ocorrer ao longo de todo o intestino.

No jejuno, a taxa de absorção é mais alta, devido a presença da glicose, galactose e aminoácidos no lúmen, que atravessam a membrana utilizando as mesmas proteínas carreadoras. Assim, a absorção de sódio tem importância muito grande na absorção de outras substâncias como glicose e aminoácidos (Maiorka & Macari, 2002).

De acordo com Cunningham, (1993), o sódio pode ser absorvido por pelo menos três mecanismos distintos. O primeiro é o co-transporte, considerado o principal meio de captação de sódio durante o processo de absorção ativa. O segundo é a absorção de sódio ligado ao cloreto que provoca a dissociação de ácido carbônico no interior da célula, formando íons hidrogênio e bicarbonato onde estes permutarão, respectivamente, com o sódio e cloreto intraluminal. Ao chegarem no lúmen intestinal, os íons hidrogênio e bicarbonato podem formar água, sem geração de íons. O terceiro é o mecanismo de difusão simples, porém, sem grande relevância na homeostase do sódio.

### **2.4 Homeostase do sódio no organismo animal**

O mecanismo de controle da concentração de sódio está absolutamente relacionado com a osmolaridade, já que os íons sódio desempenham papel dominante na osmolaridade do líquido extracelular.

O processo de regulação da concentração de sódio assim como da concentração dos líquidos corporais (extra e intracelular) ocorre por intermédio das interações existentes entre os rins, hormônios das glândulas adrenais e da hipófise.

O hormônio antidiurético (ADH) e a aldosterona regulam o volume de água e o balanço eletrolítico do organismo.

A aldosterona é um mineralocorticóide secretado pela camada glomerulosa da adrenal, capaz de regular a reabsorção de sódio, interagindo dessa maneira com o volume extracelular. A aldosterona, somada à renina e angiotensina, integra o sistema

renina-angiotensina-aldosterona, onde uma das principais funções é regular o volume do líquido extracelular (Glashan, 1990).

O ADH, também denominado vasopressina, é secretado pela neuro- hipófise (Guyton & Hall, 1997) e sua função é reduzir a quantidade de urina eliminada pelo organismo para que ocorra uma maior manutenção do volume de água corporal (Bruno & Macari, 2002).

#### **2.4.1 Atividade do hormônio antidiurético (ADH) no controle da osmolaridade e da concentração de sódio no líquido extracelular**

O aumento da concentração de sódio no líquido extracelular determina elevação quase exatamente paralela da osmolaridade, que, por sua vez, excita os receptores do hipotálamo que ocasionam a secreção de ADH, cujo efeito é o de aumentar acentuadamente a reabsorção de água nos túbulos renais. Conseqüentemente, a perda de água na urina é muito pequena, enquanto os solutos urinários continuam sendo eliminados. Por conseguinte, a proporção relativa de água no líquido extracelular aumenta, ao passo que a proporção de solutos diminui.

A conservação de água com perda de sódio e de outras substâncias osmolares na urina produz diluição do sódio e de outras substâncias no líquido extracelular, corrigindo, assim, o líquido extracelular inicialmente excessivamente concentrado. Dessa maneira, a concentração de íons sódio do líquido extracelular e a osmolaridade diminuem até o nível normal.

Por outro lado, quando o líquido extracelular fica muito diluído, ocorre formação de menos ADH, e o excesso de água é eliminado, em comparação com os solutos do líquido extracelular, concentrando e normalizando, assim, os líquidos corporais (Guyton & Hall, 1997; Glashan, 1990).

Trata-se de um mecanismo muito potente para controlar tanto a osmolaridade do líquido extracelular quanto a concentração de sódio no líquido extracelular.

#### **2.4.2 Atividade da aldosterona no controle da excreção de sódio**

O hormônio aldosterona é um dos fatores que controla a excreção renal de íons sódio, estimulando diretamente a reabsorção de sódio pelos túbulos renais, portanto, com tendências a aumentar o volume de líquido extracelular por conta da reabsorção de água decorrente do processo de reabsorção de sódio (Ribeiro, 2007).

A secreção de aldosterona é estimulada por dois fatores de grande importância no controle da excreção renal de sódio e do volume extracelular: aumento da angiotensina II no sangue e diminuição da concentração de íons sódio do líquido extracelular. A baixa concentração de íons sódio no líquido extracelular parece exercer pouco efeito direto sobre a secreção de aldosterona, sendo mais efetivo o estímulo provocado pela presença de angiotensina II (Guyton & Hall, 1997).

A redução excessiva do volume do líquido extracelular (decorrente da queda no volume líquido corporal) estimula a secreção do peptídeo renina pelos rins, que quando lançado na corrente sanguínea atua sobre seu substrato, o angiotensinogênio, formando a angiotensina I, que então é convertida em angiotensina II. Por fim, a angiotensina II exerce efeito direto sobre as células da zona glomerulosa, aumentando a secreção de aldosterona e induzindo a ingestão de água (Glashan, 1990).

Portanto, sempre que o volume de líquido extracelular ou a concentração de íons sódio do líquido extracelular ficar reduzido abaixo da faixa normal ocorre secreção de aldosterona, e os túbulos renais reabsorvem quantidades adicionais de sódio e de água, resultando em normalização do sódio e do volume de líquido extracelular (Guyton & Hall, 1997).

## **2.5 Importância do sódio no desempenho das aves**

A deficiência de sódio na alimentação das aves provoca grande redução na produção e no peso dos ovos, no consumo de ração e no peso corporal de galinhas de postura (Kuchinski et al., 1997) e em codornas adultas, pode resultar em apatia, redução no consumo, na produtividade, baixa fecundidade e morte (Oliveira & Almeida, 2004). Para Scott et al. (1982), os sintomas apresentados pelas aves alimentadas com rações deficientes em sódio são redução no crescimento, enfraquecimento dos ossos, queratinização da córnea, inatividade gonadal, comprometimento de funções celulares, diminuição na utilização da proteína e energia e redução do volume plasmático.

Segundo Barros et al. (2004), o excesso de sódio também prejudica a produção já que provoca o aumento no consumo de água, provocando elevação da umidade das excretas e da excreção urinária de sódio. Tal aumento na umidade das excretas pode representar um problema para o meio ambiente, pois favorece o desenvolvimento de larvas de moscas.

Vena et al. (1990) observaram que quando a água é oferecida, as aves podem incrementar seu consumo em resposta a níveis maiores de sódio, mantendo desta forma,

a osmolaridade plasmática próxima do normal, excretando o excesso de sódio através da urina.

Raquel et al. (2008), avaliando as exigências de sódio para codornas de corte no período de 1 a 21 dias, utilizaram os níveis 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32% de sódio na ração e observaram efeito linear sobre o consumo de ração e conversão alimentar, enquanto constataram efeito quadrático sobre o ganho de peso, sugerindo para o melhor desempenho das codornas nessa idade, níveis de 0,22 a 0,25% de sódio.

Goulart et al. (2008) avaliando os níveis 0,06; 0,12; 0,18; 0,24 e 0,30% de sódio para codornas japonesas na fase de 1 a 21 dias de idade observaram efeito não significativo dos níveis de sódio para o consumo de ração e para a relação do consumo de ração: consumo de água. No entanto, houve efeito quadrático para ganho de peso e conversão alimentar atingindo o melhor desempenho com 0,216 e 0,222% de sódio, respectivamente, e aumento linear do consumo de água com o acréscimo de sódio na ração.

Rocha et al. (2005) utilizando os níveis 0,045; 0,085; 0,125; 0,165; 0,205 e 0,245% de sódio para codornas de 21 a 35 dias de idade verificaram que houve efeito não significativo dos níveis de sódio para o consumo de ração, consumo de água e conversão alimentar e que apenas o ganho de peso foi afetado linearmente pelo nível de sódio na ração, reduzindo 1,67g a cada aumento de 1% de sódio na ração.

Oviedo Rondón et al. (2000) determinando as exigências nutricionais de sódio e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase pré inicial (1-7 dias) utilizaram os níveis 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% de sódio na ração das aves e observaram efeito quadrático para ganho de peso e conversão alimentar e não significativo para consumo de ração, estimando a exigência nutricional de sódio em 0,29% e o melhor balanço eletrolítico da ração de aproximadamente 250 a 319 mEq/kg.

Silva et al. (2006) avaliaram níveis de sódio (0,15; 0,19; 0,23; 0,27; 0,31 e 0,35%) em rações de pintos de corte na fase inicial e observaram efeito quadrático dos níveis de sódio sobre o ganho de peso e aumento linear do consumo de água e da umidade da cama, porém o consumo de ração e a conversão alimentar não foram influenciados significativamente com o aumento dos níveis de sódio na ração. Os autores recomendaram no mínimo 0,19% de sódio, podendo chegar ao máximo de 0,307%, mas considerando a possibilidade do surgimento de problemas relacionados a alta umidade da cama quando níveis superiores a 0,19% de sódio forem utilizados.

Murakami et al. (1997) utilizando níveis de 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% de sódio e 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% de cloro em rações para frango de corte de 1 a 21 dias de idade observaram que tanto o sódio quanto o cloro afetaram o ganho de peso, com exigência de 0,25% de sódio e 0,20% de cloro na ração, porém não exerceram influência significativa sobre a conversão alimentar. Quanto ao consumo de ração, os autores verificaram que somente o cloro apresentou influência sobre esse parâmetro.

Barros et al. (2001) avaliando a exigência nutricional de sódio para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias utilizaram os níveis 0,077; 0,137; 0,197; 0,257 e 0,317% de sódio e observaram que os níveis de sódio influenciaram o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, em ambos os sexos, recomendando para machos e fêmeas, níveis de 0,256 e 0,255%, respectivamente.

Barros et al. (2004) determinando a exigência de sódio para frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento (22 a 42 dias) e final (43 a 53 dias), utilizaram rações contendo 0,077; 0,137; 0,197; 0,257 e 0,317% de sódio e verificaram que em ambos os sexos, os níveis de sódio influenciaram o ganho de peso, conversão alimentar e umidade da cama, não ocorrendo efeito significativo sobre o consumo de ração e recomendaram, para o período de 22 a 42 dias de idade, exigência nutricional mínima de sódio de 0,197%, para os machos, e de pelo menos 0,317% para as fêmeas. Para o período de 43 a 53 dias de idade, a recomendação foi de 0,216 e 0,245%, para machos e fêmeas, respectivamente.

Oviedo Rondón et al. (1999) determinando a exigência nutricional de sódio de codornas japonesas em postura utilizaram níveis de 0,12; 0,15; 0,18 e 0,21% de sódio e observaram efeito quadrático para produção de ovos e conversão alimentar e efeito não significativo dos níveis de sódio para o consumo de ração, peso do ovo e percentagem de casca, recomendando o nível 0,18% de sódio, com base nos resultados obtidos para produção de ovos e conversão alimentar.

Murakami et al. (2006) determinando o melhor nível de sal comum para codornas japonesas em postura, verificaram que o menor nível de sódio (0,10%) adicionado à ração, correspondendo a 0,15% de sal comum, proporcionou melhor desempenho produtivo e qualidade dos ovos, exceto para as Unidades Haugh, quando comparado com a ração controle. Observou-se ainda que a ausência de sal provocou grande redução na produtividade, no consumo de ração, na qualidade externa dos ovos e no peso corporal das codornas.

Ribeiro et al. (2007b) utilizando os níveis 0,05; 0,15; 0,25 e 0,35% de sódio na ração de codornas japonesas com 65 dias de idade verificaram efeito quadrático dos níveis de sódio sobre a produção de ovos, consumo de ração, peso do ovo, massa de ovo e conversão alimentar e redução linear da gravidade específica com o aumento dos níveis de sódio na ração, sugerindo 0,23% de sódio para obtenção do melhor desempenho.

Costa et al. (2008) avaliando a exigência nutricional de sódio para codornas japonesas com 65 dias de idade utilizaram os níveis 0,08; 0,16; 0,24; 0,32 e 0,40% de sódio na ração e verificaram efeito quadrático para consumo de ração e de água, produção e massa de ovo e efeito não significativo para peso do ovo e conversão alimentar, recomendando 0,231% de sódio para melhor desempenho das aves.

Barreto et al. (2007) avaliando níveis de sódio ( 0,017; 0,083; 0,149; 0,215 e 0,281%) em dietas de codornas japonesas em pico de postura (69 dias de idade) observaram melhora linear na produção de ovos, conversão alimentar, percentagem de albúmen e de gema do ovo e na gravidade específica e efeito quadrático para o consumo de ração, peso e massa de ovo, com o aumento dos níveis de sódio na ração, recomendando 0,281% de sódio para melhora no desempenho e qualidade dos ovos.

Petrucci et al. (2008) utilizando 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30% de sódio nas rações para codornas japonesas com 120 dias de idade, observaram efeito quadrático dos níveis de sódio para o consumo de ração, produção de ovos, massa de ovo, ganho de peso e conversão alimentar e aumento linear para o peso do ovo com o acréscimo de sódio na ração, indicando o nível 0,209% de sódio como suficiente para maximizar a produção de ovos de codorna.

Pizzolante et al. (2006) utilizando 0,15%, 0,25%, 0,35% e 0,45% de sal comum contendo respectivamente, 0,10%, 0,14%, 0,18% e 0,22% de sódio em rações de codornas japonesas em final de produção, não constataram diferenças significativas dos níveis de sal sobre o peso médio dos ovos, percentagem de postura, massa de ovo, consumo de ração e conversão alimentar por dúzia de ovos.

Figueiredo et al. (2004) avaliando níveis de sódio (0,11; 0,14; 0,17; 0,20 e 0,23%) observaram efeito quadrático dos níveis de sódio sobre a percentagem de postura e não significativo para o peso do ovo e recomendaram o nível de 0,146% de sódio como sendo o adequado para obtenção do melhor desempenho de codornas em postura no verão.

Ribeiro et al. (2007a) avaliando níveis de sódio (0,04; 0,10; 0,16; 0,21; 0,27 e 0,32%) na ração de frangas de reposição de 12 a 18 semanas de idade observaram efeito quadrático dos níveis de sódio para o consumo de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar e aumento linear do consumo de água e umidade das excretas, recomendando 0,18% de sódio na ração das aves.

Harms (1991), avaliando o efeito da retirada do sal, do sódio e do cloro da ração de poedeiras com 45 ou 65 semanas de idade, concluiu que o sódio é o principal elemento envolvido na interrupção da postura quando ausente na ração.

Leeson & Summers (2001) citado por Junqueira et al. (2003) observaram que dietas para galinhas poedeiras contendo níveis acima de 0,35% de sódio provocaram aumento no consumo de água, e acima de 0,5% resultaram em toxidez nas aves. Segundo os autores, o requerimento de sódio ideal para as aves está compreendido entre 0,17% e 0,19%.

Rodrigues et al. (2004), trabalhando com níveis 0,15%, 0,25% e 0,35% de sódio, observaram que o nível de 0,15% de sódio na ração foi suficiente para atender a exigência nutricional de sódio para poedeiras comerciais em segundo ciclo de postura para o melhor desempenho e qualidade dos ovos, entretanto, para garantir melhor espessura da casca, o nível de 0,25% seria o mais adequado.

Furlan et al. (2002) relataram existir efeitos adversos do excesso de cloreto sobre a qualidade da casca do ovo, que podem estar relacionados com a acidificação provocada pelo cloreto sobre o fluido uterino e de sua ação inibitória sobre a anidrase carbônica. Devido a esse problema tem sido feita a substituição do cloreto de sódio na ração por outros compostos, capazes de fornecerem adequadas concentrações de sódio à ave e melhorar a qualidade da casca dos ovos (Murakami et al., 2003). Um desses compostos é o bicarbonato de sódio, que segundo Ribeiro et al. (2008) é constituído por 27 % de sódio.

O aumento da proporção de sódio em relação ao cloreto, pela adição de bicarbonato de sódio, proporciona aumento na espessura e na resistência à quebra da casca (Austic & Keshavarz, 1988). Porém, dietas com níveis elevados (30g/kg) de bicarbonato de sódio resultaram em alcalose metabólica em galinhas de postura, provocando um aumento nos valores das concentrações de bicarbonato e pH enquanto que as aves que consumiram 3g/kg não tiveram suas concentrações afetadas (Davidson & Wideman, 1992).

Mongin (1980) foi um dos primeiros a afirmar que o BE da ração é um importante fator que também influencia o crescimento, o consumo e a qualidade da casca dos ovos, mas para Judice et al. (2002), a tentativa de alguns pesquisadores em utilizar o conceito do BE com o objetivo de melhorar o desempenho das aves e a qualidade do ovo tem produzido resultados contraditórios.

Murakami et al. (2003) concluíram que dietas com 205 mEq/kg para poedeiras no primeiro ciclo de produção e dietas com 174 mEq/kg para poedeiras no segundo ciclo proporcionaram bom desempenho produtivo e boa qualidade externa dos ovos. Já Stevenson (1983) citado por Judice et al. (2002) não encontrou nenhum efeito sobre o desempenho ou qualidade dos ovos das galinhas com BE entre 137 e 245 mEq/kg.

De acordo com Reeve (1990), balanço eletrolítico superior a 190 mEq/kg seria suficiente para proporcionar adequada qualidade da casca dos ovos. Para Senkoylu et al. (2005) o aumento no BE da dieta de 176 mEq/kg para 242 mEq/kg não melhora a produção ou a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras brancas. Para Judice et al. (2002), valores inferiores ou superiores ao intervalo entre 160 mEq/kg e 200 mEq/kg em rações indicam respectivamente, uma acidose ou alcalose metabólica potencial, influenciando a formação e a resistência da casca do ovo.

## **2.6 Regulação da ingestão de água pelas aves**

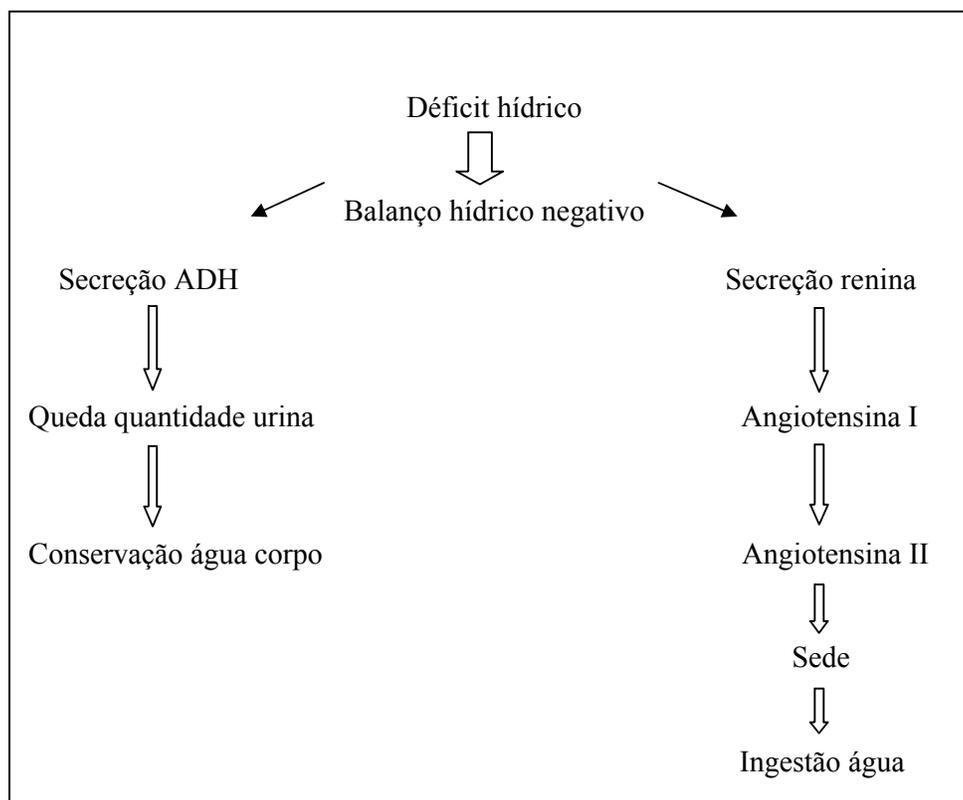
A quantidade de água no organismo é determinada pelo equilíbrio entre sua ingestão e eliminação. O mecanismo da sede é considerado o controlador primário da ingestão de água, atuando de forma significativa na regulação da água corporal, da osmolaridade e da concentração de sódio.

Nas aves, a sede é induzida por meio de três mecanismos básicos: desidratação intracelular, desidratação extracelular e o sistema renina-angiotensina-aldosterona, sendo os mais potentes o primeiro e o terceiro (Bruno & Macari, 2002). De acordo com Guyton & Hall (1997), qualquer fator passível de causar desidratação intracelular irá geralmente causar a sensação de sede. A causa mais comum é o aumento da osmolaridade do líquido extracelular, especialmente o aumento da concentração de sódio, que produz osmose de líquido para fora das células neuronais do centro da sede.

Apesar da similaridade existente entre os mecanismos de ingestão de água em aves e mamíferos, a localização dos osmorreceptores é diferente, pois nos mamíferos localizam-se no sistema vascular e nas aves, no compartimento intersticial (Macari, 1995).

A sensação de sede, ocasionada por um déficit no teor de água corporal, é determinada pelo hipotálamo, que reconhece a necessidade da regulação hídrica através de alguns indicadores, dentre eles, o aumento da concentração de sais do plasma, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , decorrente da diminuição do volume de água, tanto intracelular como extracelular. O aumento da concentração de sódio e cloro circulantes vai desencadear uma reação em cascata, onde o hipotálamo liberará o ADH (Figura 1) para redução na excreção urinária e manutenção do volume de água corporal. Porém, fisiologicamente, as substâncias de maior importância na regulação da homeostase são a renina e a angiotensina, que atuam como moduladores da sede (Bruno & Macari, 2002).

**FIGURA 1** – Resposta fisiológica a um déficit hídrico no organismo



Adaptado de Bruno & Macari, (2002)

### 3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AUSTIC, R.E.; KESHAVARZ, K. Interaction of dietary calcium and chloride and the influence of monovalent minerals on eggshell quality. **Poultry Science**, v.67, p.750-759, 1988.

BARRETO, S.L.T.; ARAÚJO, M.S.; UMIGI, R.T. et al. Níveis de sódio em dietas para codorna japonesa em pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1559-1565, 2007.

BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de sódio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3(Supl.1), p.1044-1051, 2001.

BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de sódio para frangos de corte nas fases de crescimento ( 22 a 42 dias) e final ( 43 a 53 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6(Suplemento 1), p.1721-1733, 2004.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

BRESSAN, M.C.; ROSA, F. C. Processamento e industrialização de ovos de codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA – Novos conceitos aplicados à produção de codornas, UFLA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p.68-69.

BRUNO, L.D.G.; MACARI, M. Ingestão de água: Mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 16, 2002, p.201-206.

COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas em postura. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. **Anais...** Fortaleza-CE: I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal. [2008] (CD-ROM).

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993, 454p.

DAVIDSON, S.; WIDEMAN, R.F. Excess sodium bicarbonate in the diet and its effect on leghorn chickens. **British Poultry Science**, v.33, p.859-870, 1992.

FIGUEIREDO, G.O.; KATO, R.K.; BERTECHINI, A.G. et al. Níveis de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) no verão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 2., CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004, p.216.

FONSECA, M.R.M. **Química Geral** - (Coleção Química). São Paulo: FTD, 2007.

FURLAN, A.C.; ANDREOTTI, M.O.; MURAKAMI, A.E. et al. Valores energéticos de alguns alimentos determinados com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1147-1150, 1998.

FURLAN, R.L.; SILVA, A.V.F.; BORGES, S.A. et al. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 4, 2002, p.51-76.

GLASHAN, R.Q. Equilíbrio hidroeletrolítico- Aspectos fisiológicos (controle renal e hormonal da água e de eletrólitos). **ACTA Paulista de Enfermagem**, v.3,n.4,p.148-150,1990.

GONZALES, E.; MENDONÇA JR., C.X. Problemas locomotores em frangos de corte. In: VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2006. Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: VII SBSA, 2006.p.79-94.

GOULART, C.C; LIMA, M.R; COSTA, F.G.P. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas em crescimento de 1 a 21 dias de idade. In: REUNIAL ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [2008] (CD-ROM).

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 9ªEd. 1997.1014p.

HARMS, R.H. Effecting of removing salt, sodium or chloride from the diet of commercial layers. **Poultry Science**, v. 70, p. 333-336, 1991.

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

JUNQUEIRA, O.M.;FILHO, B.C.;ARAÚJO, L.F. et al.Efeitos das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação (Na + K)/Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1110-1116, 2000.

JUNQUEIRA, O.M., ANDREOTTI, M.O., FARIA, D.E. et al.Fontes e níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.25, n.1, p.79-84, 2003.

KESHAVARS, K. The effect of calcium sulfate (Gypsum) in combination with different sources of calcium carbonate on acid-base balance and eggshell quality. **Poultry Science**, v.70, p.1723-31, 1991.

KUCHINSKI, K.K.; HARMS, R.H.; RUSSEL, G. Re- evaluation of the sodium of the commercial laying hens. In: ANNUAL MEETING POULTRY SCIENCE, 86, 1997, Louisville-Kentucky. **Proceedings...**Louisville: Supplement1, v.59, 1997, p.236.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 13, 2002, p.167-173.

MACARI, M. Metabolismo hídrico da poedeira comercial. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 5., 1995, Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: APA, 1995, p.109-131.

MILES, R.D.; ROSSI, A. Cation-anion balance in laying hens. In: FLORIDA NUTRITIONAL CONFERENCE, 1984, Clearwater Beach. **Proceedings...** Clearwater Beach: University of Florida, 1984, p.15-22.

MONGIN, P. Electrolytes in nutrition: a review of basic principles and practical application in poultry and swine. In: IMC NUTRITION CONFERENCE, 3., 1980, Melbourne. **Proceedings...** Orlando: IMC, 1980. p.1-15

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

MURAKAMI, A.E.; WATKINS, E.A.; SALEH, J.A. et al. Estimation of the sodium and chloride requirements for the young broiler chick. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.1, p.155-162, 1997.

MURAKAMI, A.E.; ARIKI, J. **Produção de codornas japonesas**. Jaboticabal, SP. Funep, 1998, 79p.

MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico e sua influência sobre desempenho dos ossos de frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p.33-61.

MURAKAMI, A. E. ; FAQUINELLO, P.; GALLI, J. R. et al. Exigência Nutricional de sódio e cloro para poedeiras comerciais. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas: FACTA, p. 52 (supl. 3), 2001.

MURAKAMI, A.E.; FIGUEIREDO, D.F.; PERUZZI, A.Z et al. Níveis de sódio para poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1647-1680 (supl.1), 2003.

MURAKAMI, A.E.; SAKOMOTO, M.I.; SOUZA, L.M.G. et al. Determinação do melhor nível de sal comum para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2333-2337, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Committee on Animal Nutrition. Nutrient requirements of poultry**. 9ª Ed. Washington: National Academy of Science - NAS, 1994. 155 p.

OLIVEIRA, E.G.; ALMEIDA, M.I.M. Algumas informações sobre nutrição de codornas de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 2., CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. p.53-64.

OVIDO RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; MORAES, E.R.G. et al. Exigência nutricional de sódio de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.1, p.73-76, 1999.

OVIDO RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. et al. Exigências nutricionais de sódio e cloro e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase inicial (1-7 dias de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1166-2000, 2000.

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

PENZ JUNIOR. A importância da água como nutriente na produção de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Porto Alegre, RS. **Anais...** Curitiba: FACTA, 2002, p.63-80.

PETRUCCI, F.B.; SCOTTÁ, B.A.; JÚNIOR, J.G.V. Nível nutricional de sódio para codornas japonesas em postura. In: XII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba, 2008. Disponível em: < [http://www.inicepg.univap.br/docs/Arquivos/arquivosINIC/INIC1525\\_01\\_O.pdf](http://www.inicepg.univap.br/docs/Arquivos/arquivosINIC/INIC1525_01_O.pdf) >. Acesso em 08/12/2008.

PIZZOLANTE, C.C.; SALDANHA, E.S.P.B.; GARCIA, E.A. et al. Níveis de sal comum em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em final de produção. **Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v.7, n.2, p.123-130, 2006.

RAQUEL, D.L.; LIMA, R.C.; FREITAS, E.R. et al. Níveis de sódio para codornas de corte no período de 1 a 21 dias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gmosis,[2008]. (CD-ROM).

REEVE, A. The role of sodium bicarbonate in improving egg shell quality. Management Guide: **Institut de Selection Animale**, p.1-7 (Technical note, 19), 1990.

RIBEIRO, M.L.G. **Níveis de sódio na ração de frangas e de galinhas poedeiras durante o primeiro e segundo ciclos de postura**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2007. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, 2007.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; ARRUDA, A.M.V. et al. Níveis de sódio na ração de frangas de reposição de 12 a 18 semanas de idade. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.50-57, 2007a.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; SOUSA, J.B. et al. Exigências de sódio e de cloro e efeitos sobre o desempenho produtivo de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** (Suplemento 9), 2007b.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A. et al. Níveis de sódio na ração de frangas de 7 a 12 semanas de idade. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 4, p. 1304-1310, 2008.

ROCHA, J.K.P.; SILVA, J.H.V.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 21 a 35 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gmosis,[2005]. (CD-ROM).

RODRIGUES, E.A., JUNQUEIRA, O.M., VALÉRIO, M., et al. Níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.391-396, 2004.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª Ed. Viçosa: UFV, 2005. 186 p.

SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J.; **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca: Scott and Associates, 562p, 1982.

SENKOYLU, N.; AKYUREK, H.; SAMLI, H.E. et al. Assessment the impacts of dietary electrolyte balance levels on laying performance of commercial white layers. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.4, n.6, p.423-427, 2005.

SILVA, V.F. Transtornos do equilíbrio ácido-básico em frangos de corte, 2004. Disponível em < [http://www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/TMAD/acidobasico\\_frangos.pdf](http://www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/TMAD/acidobasico_frangos.pdf) >. Acesso dia 01/04/2007.

SILVA, J.D.B.S.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. et al. Níveis de sódio em rações de pintos de corte na fase inicial. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.84-90, 2006.

SUMMERS, J. Water quality: an important consideration. Disponível em: < [http://www.poultryindustrycouncil.ca/factsheets/fs\\_65.pdf](http://www.poultryindustrycouncil.ca/factsheets/fs_65.pdf) >. Acesso dia 10/02/2009.

TABELA PERIÓDICA, Disponível em: < [http://www.tabela.oxigenio.com/\\_metais\\_alcalinos/elemento\\_quimico\\_sodio.htm](http://www.tabela.oxigenio.com/_metais_alcalinos/elemento_quimico_sodio.htm) >. Acesso dia 13/02/2009.

VENA, V.E.; LAC, T.H.; WIDEMAN, R.F. Dietary sodium, glomerular filtration rate, autorregulation and glomerular size distribution profiles in domestic fowl (*Gallus gallus*). **Journal of Comparative Physiology**, v.160, n.1, p.7-16, 1990.

VIEITES, F.M; MORAES, G. H.K; ALBINO, L.F.T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2076-2085, 2004.

WELTZIEN, E.M. Water quality for poultry, 2002. Disponível em: < [http://www.poultryindustrycouncil.ca/factsheets/fs\\_111.pdf](http://www.poultryindustrycouncil.ca/factsheets/fs_111.pdf) >. Acesso dia 10/02/2009.

## **CAPÍTULO I**

### **NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NA FASE DE CRESCIMENTO E SEUS EFEITOS NA FASE DE PRODUÇÃO**

**NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NA FASE DE CRESCIMENTO E SEUS EFEITOS NA FASE DE PRODUÇÃO**

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de sódio da ração da fase de crescimento de codornas japonesas sobre o desempenho nas fases de crescimento e de produção, 480 codornas com um dia de idade foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, oito repetições e dez aves por unidade experimental. Os níveis de sódio avaliados foram: 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32%. No período de 1 a 21 dias, observou-se aumento linear do consumo de ração e água com o acréscimo de sódio e efeito quadrático no ganho de peso e conversão alimentar com níveis ótimos de 0,23% e 0,21% de sódio, respectivamente. De 21 a 42 dias, não houve efeito significativo sobre o consumo de ração, entretanto, houve redução linear no ganho de peso, aumento no consumo de água e piora na conversão alimentar com o acréscimo de sódio. No período total (1 a 42 dias de idade) com o aumento de sódio na ração, observou-se aumento linear no consumo de água e na umidade das excretas e efeito quadrático sobre a digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN), energia bruta (CDEB) e valores energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) com níveis ótimos estimados de 0,20% para CDMS, 0,27% para o CDN e 0,19% para CDEB, EMA e EMAn. No geral, o desempenho das codornas na fase de postura não foi influenciado significativamente pelo nível de sódio recebido na fase de crescimento. Considerando os resultados, pode-se recomendar que as rações para codornas japonesas na fase de 1 a 42 dias sejam formuladas com níveis de sódio entre 0,12% e 0,23%.

**Palavras-chave:** água, balanço eletrolítico, bicarbonato, conversão, desempenho, sal

## **SODIUM LEVELS FOR JAPANESE QUAILS (*Coturnix coturnix japonica*) IN GROWTH PHASE AND YOURS EFFECTS IN THE LAYING PERIOD**

**ABSTRACT** – With the aim to evaluate the effects of sodium levels in the diet fed during the growth phase of Japanese quails on the performance during the growth and production phases, 480 quails with one days of age were distributed in a completely randomized design with six treatments and eight replications of ten birds each. The sodium levels evaluated were: 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 and 0,32%. In the period from 1 to 21 days, we observed a linear increase in the feed and water intake with the increase in sodium levels and a quadratic effect on weight gain and feed conversion with optimum sodium levels of 0,23% and 0,21%, respectively. From 21 to 42 days, there was not any significant effect on feed intake, however, there was a linear reduction in weight gain, an increase in water consumption and a worse in feed conversion with an increase in sodium levels. In the complete period (1 to 42 days) with an increase in the diet sodium levels, we observed a linear increase in the water consumption and excreta moisture and a quadratic effect on the digestibility of dry matter (DCDM), nitrogen (DCN), gross energy (DCGE) and the values of apparent metabolizable energy (AME) and apparent corrected (AMEn) with estimated optimum levels of 0,20% for DCDM, 0,27% for DCN and 0,19% for DCGE, AME and AMEn. In general, the performance of quails during the laying period was not significantly influenced by the sodium levels supplied in the growth phase. Considering the results, we can recommend that feeds for Japanese quails aged from 1 to 42 days are formulated with sodium levels between 0,12% and 0,23%.

**Keywords:** water, electrolyte balance, bicarbonate, conversion, performance, salt

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos avaliando a necessidade de sódio na alimentação de aves são comuns, devido a sua valiosa contribuição para o funcionamento normal do metabolismo animal, atuando essencialmente no equilíbrio ácido básico, na pressão osmótica corporal, na atividade elétrica das células nervosas e do músculo cardíaco, na permeabilidade celular e na absorção de monossacarídeos e aminoácidos (Guyton & Hall, 1997).

As exigências nutricionais de sódio na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais, nas diversas fases de criação, são bem discutidas na literatura nacional e estrangeira, porém, são escassos os trabalhos voltados para a utilização desse mineral na alimentação de codornas japonesas, principalmente na fase de crescimento.

As formulações de rações para codornas, atualmente, são baseadas em dados estrangeiros ou com base nas exigências nutricionais de galinhas de postura, o que pode vir a comprometer o desempenho produtivo das codornas, já que possivelmente suas exigências não serão totalmente atendidas. Segundo Murakami & Furlan, (2002), em função da falta de informação sobre a correta exigência de sódio para codornas, os nutricionistas utilizam aproximadamente 0,25-0,30% de NaCl (cloreto de sódio) na ração, numa tentativa de suprir as necessidades da ave.

Algumas pesquisas foram realizadas para determinar a exigência de sódio em codornas japonesas, porém, os resultados tem sido variáveis. Shim & Vohra (1984) sugeriram 0,12% de sódio na ração para codornas em crescimento e em postura, já o NRC (1994) sugere 0,15% de sódio para essas mesmas fases. Entretanto, Goulart et al. (2008) verificaram melhor desempenho na fase de 1 a 21 dias de idade com 0,22% de sódio.

Portanto, é preciso avaliar os níveis de sódio atualmente utilizados na alimentação de codornas, a fim de determinar os que são biologicamente efetivos no atendimento das mudanças nas exigências de codornas durante o período de crescimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza - Ceará, no período de 15 de Novembro a 27 de Fevereiro de 2008, com uma duração de 42 dias divididos em 2 períodos de 21 dias, na fase de crescimento e 63 dias divididos em 3 períodos de 21 dias, na fase de produção.

A fase de campo foi realizada no Setor de Avicultura e as análises laboratoriais no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), pertencentes à referida instituição universitária.

As variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão foram medidas com termômetro de máxima e mínima e psicrômetro, respectivamente. Os dados foram registrados diariamente e as leituras realizadas às 08:00 h e 16:00 h. Ao final de cada período experimental foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e os valores de umidade relativa do ar.

Foram utilizadas 480 codornas japonesas de um dia de idade com peso médio inicial de 6,8 gramas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições de 10 aves cada. Os tratamentos consistiram de seis rações contendo 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32% de sódio.

As aves foram inicialmente pesadas e alojadas em 6 boxes (1,0 m x 1,5 m), com piso revestidos por maravalha, onde permaneceram até o 11º dia de idade. Nesse período a ração foi oferecida em comedouros tipo bandeja e o aquecimento foi feito com lâmpadas incandescentes de 100 watts. Aos onze dias as codornas de cada tratamento foram novamente pesadas, distribuídas e transferidas para gaiolas de arame galvanizado (26 cm x 52 cm x 20 cm) contendo um comedouro tipo calha, onde ficaram até os 42 dias de idade.

Durante toda a fase de crescimento, as rações e a água foram fornecidas à vontade e os bebedouros foram adaptados para possibilitar a medição do consumo.

As aves foram vacinadas contra Newcastle por via ocular e debicadas aos onze dias de idade. Até o décimo dia, receberam 24 horas de luz (natural e artificial) e a partir dessa idade, até os 42 dias, apenas luz natural.

A composição percentual e nutricional calculada e o balanço eletrolítico das rações experimentais utilizadas nas fases de crescimento e produção estão apresentados na Tabela 2.

As rações foram compostas por milho e farelo de soja e formuladas segundo as recomendações nutricionais em energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos, cálcio e fósforo constantes no NRC (1994). Os dados de composição de alimentos foram baseados segundo Rostagno et al. (2005).

**TABELA 2** - Composição percentual e nutricional calculada e balanço eletrolítico das rações experimentais utilizadas nas fases de crescimento e produção

Ingrediente	Nível de sódio (%)						Postura
	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	
Milho	54,29	54,24	53,85	53,46	53,06	52,68	57,05
Farelo de soja	42,03	42,03	42,11	42,18	42,26	42,33	33,18
Óleo de soja	0,97	0,99	1,12	1,25	1,39	1,52	2,20
Calcário	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	5,55
Fosfato Bicálcico	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	1,24
Metionina	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Puramix inicial <sup>1</sup> e postura <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50
Cloreto de amônia	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato de sódio	0,00	0,01	0,19	0,38	0,56	0,75	0,00
Sal comum	0,06	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,28
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada							
Energia metabolizável (kca	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína bruta (%)	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	20,00
Lisina (%)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,07
Metionina +cistina (%)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,74
Metionina (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,42
Treonina (%)	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,78
Triptofano (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,25
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2,50
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35
Sódio (%)	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	0,15
Cloro (%)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,19
Potássio (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	
BE (mEq/kg)	231,36	253,10	274,85	296,60	318,35	340,10	-

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: ácido fólico - 138 mg; pantotenato de cálcio - 2.700 mg; antioxidante - 500 mg; biotina - 13,8 mg; cobalto - 25 mg; cobre - 2.500 mg; colina - 111.450 mg; ferro - 6.250 mg; iodo - 260 mg; manganês - 13.000 mg; metionina - 300 g; niacina - 6.875 mg; piridoxina - 550 mg; colistina - 1.750 mg; riboflavina - 1.375 mg; selênio - 45 mg; tiamina - 550 mg; vit. A - 2.150.000 UI; vit. B12- 2.750 mcg; vit. D3 - 550.000 UI; vit. E - 2.750 UI; vit. K - 400 mg; zinco - 11.100 mg; silicatos - 20.000 mg.

<sup>2</sup>Composição por kg do produto: ácido fólico - 400 mg; pantotenato de cálcio - 3.000 mg; antioxidante - 2.000 mg; biotina - 10 mg; cobre - 2.000 mg; colina - 126.000 mg; ferro - 20.000 mg; iodo - 200 mg; manganês - 18.000 mg; metionina - 217.800 mg; niacina - 7.000 mg; piridoxina - 800 mg; colistina - 1.400 mg; riboflavina - 1.200 mg; selênio - 100 mg; tiamina - 800 mg; vit. A - 2.000.000 UI; vit. B12-1.000 mcg; vit. D3 - 500.000 UI; vit. E - 1.000 UI; zinco - 14.000 mg; biotina - 10 mg; menadiona - 500 mg; bacitracina de zinco - 10.000 mg.

Os níveis de cloro (Cl) e potássio (K) foram mantidos constantes em todas as rações, sendo o nível de Cl mantido de acordo com as recomendações do NRC (1994) e o K oriundo da utilização do farelo de soja como principal fonte de proteína. A suplementação de sódio foi realizada com a inclusão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ). Para manutenção dos mesmos níveis de Cl nas rações, utilizou-se o cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

O balanço eletrolítico (BE) das rações experimentais foi calculado segundo Mongin (1980) e o cálculo do BE foi realizado considerando-se os valores percentuais dos eletrólitos, por meio da seguinte fórmula:  $\text{NM} = \% \text{Na}^+ \times 10000 / 22,990^* + \% \text{K}^+ \times 10000 / 39,102^* - \% \text{Cl}^- \times 10000 / 35,453^*$  (\* Equivalente grama do Na, Cl e K, respectivamente).

As variáveis estudadas na fase de crescimento foram o consumo de ração (g/ave), o ganho de peso (g/ave), a conversão alimentar (g/g) e o consumo de água (mL/ave/dia).

Para determinar o consumo de água foi necessário montar um sistema alternativo que possibilitasse seu fornecimento e subsequente medição. Para isso foram utilizadas garrafas com capacidade para 500 mL e acopladas a estas, bases de bebedouros usualmente utilizadas na criação de pássaros.

Para obtenção do consumo, diariamente às 08:00 h fazia-se a medição da sobra de água utilizando proveta com capacidade de 1 L e subdivisões de 10 mL. A sobra em seguida era descartada e um volume de 500 mL era colocado nas garrafas para uma nova medição no dia seguinte. Através da diferença entre o oferecido e a sobra de água determinou-se o consumo médio.

Para avaliar os efeitos dos níveis de sódio na ração sobre a umidade das excretas e digestibilidade dos nutrientes, aos 14 dias de idade das aves, iniciou-se a coleta total de excretas por quatro dias. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia (08:00 h e 16:00 h) e após cada coleta, foram encaminhadas ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, as referidas amostras foram trituradas em moinho tipo faca e assim como as rações experimentais, foram acondicionadas em frascos e encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Com base nos resultados laboratoriais, foram calculados a umidade das excretas (%) e os coeficientes de digestibilidade de MS, N e EB. Os valores de energia

metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) das rações foram calculados com base nas equações propostas por Matterson et al. (1965).

Para avaliar o efeito dos níveis de sódio utilizados na ração da fase inicial sobre o desempenho das codornas na fase de produção, a partir de 42 dias todas as parcelas experimentais foram transferidas para o galpão de produção onde permaneceram por 63 dias, divididos em 3 períodos de 21 dias.

As aves foram alojadas em gaiolas de postura (33 cm x 23 cm x 16 cm) que dispunham de comedouros tipo calha, bebedouro tipo nipple e coletor de ovos. Todas as codornas foram submetidas a uma mesma ração de postura (Tabela 2), formulada segundo as recomendações nutricionais propostas pelo NRC (1994).

O programa de luz utilizado nessa fase consistiu de um estímulo inicial de 14 horas de luz, com acréscimos semanais de 15 minutos até completar 16 horas (natural e artificial), sendo a iluminação artificial feita com lâmpadas fluorescentes de 40 watts. A coleta de ovos foi feita diariamente às 8 horas.

Os parâmetros avaliados na fase de produção foram consumo de ração (g/ave/dia), percentagem de postura (%/ave/dia), peso do ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando - se o programa SAS (2000). Os dados da fase de crescimento foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado e os da fase de produção segundo um modelo fatorial 6 x 3 (níveis de sódio x períodos). Para que as exigências de sódio fossem estimadas, os dados foram submetidos à análise de regressão. A comparação das médias foi realizada pelo teste SNK (5%).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de temperatura ambiente mínima e máxima e umidade relativa no galpão durante o experimento foram  $22,5^{\circ}\text{C} \pm 3,22$ ;  $31,75^{\circ}\text{C} \pm 0,76$  e 79%, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os dados médios de desempenho das codornas na fase de crescimento.

Para o consumo de ração, observou-se que, no período de 1 a 21 dias houve aumento linear ( $\hat{Y} = 187,80 + 35,39X$ ,  $r^2 = 0,15$ ) no consumo com o acréscimo de sódio,

enquanto, nos períodos de 21 a 42 e de 1 a 42 dias as análises de regressão não apresentaram efeito significativo dos níveis de sódio sobre essa variável.

**TABELA 3** - Desempenho de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de sódio na fase de crescimento

Nível de sódio (%)	Consumo de ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)	Consumo de água (ml/ave/dia)
1 a 21 dias				
0,07	182,74c	77,59c	2,34a	20,77c
0,12	202,50a	88,28a	2,29ab	23,40ab
0,17	194,76b	86,67ab	2,25b	24,00ab
0,22	193,12b	84,30b	2,29ab	23,06b
0,27	195,40b	84,86b	2,30ab	23,98ab
0,32	199,72ab	86,81ab	2,30ab	24,97a
Regressão	L*	Q*	Q*	L*
CV (%)	2,68	2,92	2,26	5,05
21 a 42 dias				
0,07	333,07a	61,49a	5,43b	33,04a
0,12	342,71a	57,40ab	5,99a	32,68a
0,17	337,28a	56,35ab	6,00a	33,91a
0,22	336,58a	57,44ab	5,88a	34,33a
0,27	336,96a	54,84b	6,16a	34,23a
0,32	331,65a	53,81b	6,18a	35,79a
Regressão	NS	L*	L*	L*
CV (%)	5,02	6,97	6,49	7,48
1 a 42 dias				
0,07	515,81a	139,09a	3,71a	26,75b
0,12	545,21a	145,68a	3,74a	27,93ab
0,17	531,99a	143,02a	3,72a	28,83ab
0,22	529,69a	141,74a	3,74a	28,55ab
0,27	532,36a	139,70a	3,81a	28,98ab
0,32	531,37a	140,62a	3,78a	30,25a
Regressão	NS	NS	NS	L*
CV (%)	4,00	3,61	3,35	5,52

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK.

Q - efeito quadrático; L - Efeito linear; NS - não significativo; \* - significativo (P<0,05); CV - coeficiente de variação

Pelo teste de médias verificou-se que no período de 1 a 21 dias, o nível de 0,07% de sódio promoveu o menor consumo de ração, enquanto, o maior ocorreu com 0,12%, não havendo diferença significativa entre os níveis 0,12 e 0,32% e entre os níveis 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32% de sódio. Nos períodos de 21 a 42 e de 1 a 42 dias de idade não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

É possível que a diferença nos efeitos dos tratamentos sobre o consumo de ração nos diferentes períodos de crescimento se deva às mudanças dos efeitos dos níveis de

sódio da ração com o avançar da idade, modificando o comportamento da ingestão de alimento pelas codornas. Assim, a ausência de diferença significativa entre os tratamentos no período de 21 a 42 dias acabou influenciando no resultado no período total de crescimento (1 a 42 dias de idade), já que o consumo nesse período participa em maior proporção no cálculo do consumo do período total.

Os resultados obtidos na presente pesquisa para o período de 1 a 21 dias de idade diferem dos relatados por Goulart et al. (2008) que não observaram efeito significativo dos níveis de sódio sobre o consumo de ração das codornas nessa fase. Entretanto, se considerarmos o período total de crescimento (1 a 42 dias de idade), os resultados estão de acordo com os relatados por Rocha et al. (2005) obtidos com codornas no período de 28 a 35 dias de idade e Goulart et al. (2008) com codornas de 1 a 21 dias de idade. Na literatura, também podemos verificar que os efeitos dos níveis de sódio sobre o consumo de ração por frangos de corte tem sido variáveis sendo reportado efeito quadrático (Barros et al., 2001) e ausência de efeitos (Silva et al., 2006) no período de 1 a 21 dias de idade.

O aumento da ingestão de alimento pelas aves com o aumento do nível de sódio da ração tem sido associado ao aumento da ingestão de água pelas aves alimentadas com níveis mais elevados de sódio (Penz Junior, 1998). Para Ribeiro (2007), a modificação na palatabilidade da ração, alterada pela deficiência ou excesso de sódio influencia diretamente o consumo de ração pelas aves. Entretanto, Murakami et al. (1997) avaliando as exigências de sódio e cloro de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade relataram que o consumo de ração não é influenciado pelos teores de sódio e sim pelos níveis de cloro das rações.

Para o ganho de peso, observou-se efeito quadrático ( $\hat{Y} = 73,34 + 116,67X - 250,15X^2$ ,  $r^2 = 0,29$ ) dos níveis de sódio no período de 1 a 21 dias e efeito linear ( $\hat{Y} = 61,90 - 25,71X$ ,  $r^2 = 0,24$ ) no período de 21 a 42 dias. Entretanto, no período total de crescimento (1 a 42 dias de idade), a análise de regressão foi não significativa.

Conforme a equação obtida para o período de 1 a 21 dias, o ganho de peso melhorou com o acréscimo de sódio na ração, atingindo o máximo com o nível estimado de 0,23% e diminuiu em seguida. Entretanto, no período de 21 a 42 houve redução linear com o acréscimo de sódio na ração, sendo essa redução da ordem de 25,71g/ave ou 1,22 g/ave/dia, para cada 1% de aumento do nível de sódio.

A comparação dos resultados pelo teste de média para o período de 1 a 21 dias mostrou que houve menor ganho de peso para as aves alimentadas com 0,07% de sódio

e que o maior ganho foi obtido com o nível de 0,12%, não havendo diferença significativa entre os níveis 0,12; 0,17 e 0,32% e entre os níveis 0,17; 0,22; 0,27 e 32% de sódio. No período de 21 a 42 dias, as codornas alimentadas com 0,07 % de sódio apresentaram o maior ganho de peso, contudo, esse resultado não diferiu significativamente do obtido com os níveis 0,12; 0,17 e 0,22%. Já o menor ganho de peso foi obtido com aves que consumiram a ração contendo 0,27% e 0,32% de sódio, não havendo diferença significativa entre esses e os obtidos com os níveis 0,12; 0,17 e 0,22%. No período total de crescimento (1 a 42 dias de idade) não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

Os efeitos dos níveis de sódio no ganho de peso na fase de 1 a 21 dias são semelhantes aos reportados para codornas de postura (Goulart et al., 2008) e corte (Raquel et al., 2008) no período 1 a 21 dias de idade. Esses pesquisadores verificaram aumento no ganho de peso com o acréscimo de sódio na ração e recomendaram os níveis de 0,22 e 0,25% de sódio na ração, respectivamente.

Alguns pesquisadores (Penz Junior, 1998 e Barros et al., 2001) sugeriram que a melhoria no ganho com o aumento do sódio pode estar associada ao maior consumo de ração das aves que consumiram mais sódio. Porém, o presente estudo mostrou que a melhora no ganho de peso com o acréscimo do sódio nas rações parece não ser, exclusivamente, uma resposta ao maior consumo de ração, visto que as aves alimentadas com 0,07% de sódio apresentaram o menor consumo e ganho de peso na fase de 1 a 21 dias de idade, entretanto, na fase de 21 a 42 essas aves apresentaram maior ganho de peso sem que houvesse diferença significativa no consumo de ração entre os tratamentos.

Por outro lado, Barros et al. (2004) sugeriram que níveis elevados de sódio podem, de alguma forma, comprometer o desempenho das aves e que a queda no desempenho poderia ser causada de forma direta, pela toxidez do mineral em excesso ou ainda, por um aumento do gasto de energia pela bomba de Na-K para o controle da homeostase corporal, que estaria comprometida pelo aumento excessivo da quantidade de sódio no organismo animal. Esse gasto energético poderia retardar o ganho de peso, provocando perda na eficiência alimentar.

As observações do comportamento do ganho de peso das codornas em função do aumento dos níveis de sódio no período de 21 a 42 dias são semelhantes às reportadas por Rocha et al. (2005). Avaliando a exigência de sódio para codornas japonesas de 21 a

35 dias de idade, esses pesquisadores verificaram queda no ganho de peso de 1,67 g/ave/dia a cada aumento de 1% do nível de sódio da ração.

A falta de efeito significativo dos níveis de sódio sobre o ganho de peso durante o período de 1 a 42 dias de idade pode ser atribuída a uma sobreposição dos resultados das fases de 1 a 21 e de 21 a 42 dias de idade, em decorrência de ganho de peso compensatório. Esse efeito fica claro nas codornas submetidas ao nível de 0,07% de sódio que tiveram o ganho de peso prejudicado na fase de 1 a 21 dias de idade e o melhor ganho de peso na fase de 21 a 42 dias de idade, fazendo com o que o ganho de peso dessas aves não diferisse do obtido para as aves dos demais tratamentos quando se calculou o ganho na fase total de crescimento (1 a 42 dias de idade).

Para a conversão alimentar, observou-se efeito quadrático ( $\hat{Y} = 2,44 - 1,56X + 3,70X^2$ ,  $r^2 = 0,19$ ) dos níveis de sódio no período de 1 a 21 dias e efeito linear ( $\hat{Y} = 5,48 + 2,36X$ ,  $r^2 = 0,21$ ) no período de 21 a 42 dias. A análise de regressão foi não significativa para o período total (1 a 42 dias de idade).

Conforme as equações obtidas, no período de 1 a 21 dias de idade a conversão alimentar das codornas melhorou com o acréscimo de sódio, obtendo-se o melhor resultado com o nível estimado de 0,21% de sódio e piorou com o aumento do sódio acima desse nível. Na fase de 21 a 42 dias houve redução linear da conversão na ordem de 2,36 pontos para cada 1% de aumento dos níveis de sódio na ração.

Através do teste de médias, observou-se que no período de 1 a 21 dias, as codornas alimentadas com a ração contendo o nível de 0,07% de sódio apresentaram pior conversão alimentar e a melhor foi obtida para as aves que consumiram ração com 0,17% de sódio, entretanto, só houve diferença significativa entre os níveis 0,07 e 0,17%, não havendo diferença significativa entre esses e os demais níveis avaliados. No período de 21 a 42 dias de idade, a melhor conversão alimentar foi obtida para as codornas alimentadas com ração contendo 0,07% de sódio, não havendo diferenças significativas entre os demais níveis. Para o período de 1 a 42 dias de idade não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

Assim como para o ganho de peso, a ausência de efeito significativo na conversão alimentar no período total de crescimento (1 a 42 dias de idade) se deve à sobreposição de resultados da fase de 1 a 21 e 21 a 42 dias de idade.

Os dados obtidos no presente estudo demonstraram que as codornas alimentadas com rações deficientes ou com níveis elevados de sódio na fase de 1 a 21 dias de idade e níveis elevados na fase de 21 a 42 dias de idade tiveram o desempenho prejudicado.

Segundo Gal-Garber et al. (2003) e Barros et al. (2004), a deficiência ou excesso de sódio reduz a absorção de alguns aminoácidos e monossacarídeos pelo trato gastrointestinal cujo transporte é altamente dependente da bomba de sódio. Níveis marginais desse mineral podem afetar o comportamento cinético do intestino delgado das aves, já que a afinidade da bomba de sódio será diminuída, resultando assim, no comprometimento da conversão alimentar por conta de uma possível redução nas taxas de ganho de peso.

A melhor conversão alimentar obtida com o nível de 0,21% de sódio na ração para as codornas japonesas no período de 1 a 21 dias está próxima a do nível ótimo para conversão alimentar obtido por Goulart et al. (2008) que foi de 0,22% de sódio para a fase de 1 a 21 dias de idade de codornas destinadas à produção de ovos. Já para o período de 21 a 42 dias, o nível de 0,07% de sódio na ração proporcionaria bom desempenho, sendo essa recomendação próxima a obtida por Rocha et al. (2005), que avaliaram a exigência de sódio para o período de 21 a 35 dias de idade e recomendaram 0,045% de sódio para essa fase. Esses resultados sugerem possíveis mudanças nas respostas das codornas aos níveis de sódio da ração com o avançar da idade, havendo maior exigência desse mineral até 21 dias e menor após esse período.

Contudo, a conversão alimentar durante o período de 1 a 42 dias não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Esse resultado sugere que a exigência de sódio durante o período total (1 a 42 dias) é próxima ao nível mínimo utilizado (0,07%) na presente pesquisa, não havendo a necessidade de maiores quantidades de sódio na ração como forma de melhorar o desempenho, desde que, exista a possibilidade das aves alimentadas com níveis deficientes ou em excesso de sódio, na fase de 1 a 21 dias, recuperarem sua condição corporal através de crescimento compensatório.

A influência dos níveis de sódio sobre a conversão alimentar de frangos de corte também tem apresentado resultados diferenciados de acordo com o período da fase de crescimento estudado. Pesquisas realizadas no período de 1 a 21 dias mostraram melhor conversão alimentar com 0,29% (Oviedo Rondón et al., 2000) e 0,25% (Barros et al., 2001) de sódio, enquanto, no período de 21 a 42 dias de idade verifica-se exigências de 0,15% (Murakami et al., 1997) e 0,26% (Barros et al., 2004) .

Observa-se, portanto, a existência de controvérsias nas pesquisas publicadas, o que requer a realização de mais estudos a fim de gerar resultados que possam contribuir para a definição dos níveis nutricionais mais adequados e, assim, serem utilizados na formulação de rações para essas aves.

Para o consumo de água, houve aumento linear no período de 1 a 21 dias ( $\hat{Y} = 20,77 + 13,02X$ ,  $r^2 = 0,43$ ), 21 a 42 dias ( $\hat{Y} = 31,96 + 10,53X$ ,  $r^2 = 0,13$ ) e 1 a 42 ( $\hat{Y} = 26,23 + 11,81X$ ,  $r^2 = 0,32$ ) dias de idade.

O teste de médias mostrou que no período de 1 a 21 dias, as aves alimentadas com ração contendo o menor nível de inclusão (0,07%) apresentaram o menor consumo de água, enquanto, o maior consumo foi obtido com 0,32% de sódio, sem diferir estatisticamente dos níveis 0,12; 0,17 e 0,27%. Para o período de 21 a 42 dias, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos. O teste de comparação de médias para o período de 1 a 42 dias mostrou diferença significativa, onde o menor consumo de água ocorreu com 0,07% de sódio, o maior com 0,32% e os demais níveis apresentaram valores intermediários entre os dois níveis extremos.

Aumento no consumo de água por conta do aumento dos níveis de sódio também foram encontrados por Goulart et al. (2008) para codornas na fase de 1 a 21 dias de idade e por Silva et al. (2006) trabalhando com frangos de corte na fase de crescimento.

De acordo com Barros et al. (2004), o incremento na ingestão de água com o aumento dos níveis de sódio na ração pode estar relacionado com a necessidade das aves de manterem a homeostase corporal. Segundo Ribeiro (2007), o excesso de sódio consumido aumenta a osmolaridade do plasma e através de mecanismos neuro-hormonais a ave desenvolve a sensação de sede, causando o aumento da ingestão de água para que o excesso de sódio possa ser excretado.

A umidade das excretas, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), do nitrogênio (CDN), da energia bruta (CDEB) e os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das rações da fase de crescimento são apresentados na Tabela 4.

De acordo com a análise de regressão, a umidade das excretas aumentou linearmente ( $\hat{Y} = 68,98 + 16,59X$ ,  $r^2 = 0,16$ ) com o aumento dos níveis de sódio. Através do teste de comparação de médias, verificou-se que o nível de 0,07% de sódio resultou em menor umidade das excretas enquanto a maior umidade foi obtida pelas aves alimentadas com 0,32% de sódio e os demais níveis apresentaram valores intermediários entre os dois níveis extremos.

**TABELA 4** - Efeito dos níveis nutricionais de sódio sobre a umidade das excretas, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida das rações de codornas na fase de crescimento

Níveis de sódio (%)	Umidade das excretas (%)	CDMS (%)	CDN (%)	CDEB (%)	EMA (Kcal/kg MS)	EMAn (Kcal/kg MS)
0,07	68,99b	70,52b	46,80b	71,97a	2.915d	2.741d
0,12	71,89ab	71,18ab	52,92a	72,83a	3.050b	2.839b
0,17	72,30ab	71,75a	51,17a	72,89a	2.967c	2.768c
0,22	73,30ab	70,97ab	53,50a	73,14a	3.108a	2.889a
0,27	72,59ab	71,39ab	54,09a	72,64a	3.007c	2.787c
0,32	74,18a	70,71b	53,97a	72,02a	2.917d	2.700d
Regressão	L*	Q*	Q*	Q*	Q*	Q*
CV (%)	4,57	0,94	4,37	1,40	1,39	1,36

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK.

CDMS - coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDN - coeficiente de digestibilidade do nitrogênio; CDEB - coeficiente de digestibilidade da energia bruta; EMA - energia metabolizável aparente; EMAn - energia metabolizável aparente corrigida; L - Linear; Q - Quadrático; \* - significativo ( $P < 0,05$ ); CV - coeficiente de variação

O aumento da umidade das excretas com o acréscimo de sódio na ração de aves tem sido relacionado à maior ingestão de água pelas aves na tentativa de manter a homeostase corporal (Vena et al., 1990). Considerando que o consumo de água aumentou de forma linear por conta do aumento dos níveis de sódio, a umidade das excretas conseqüentemente apresentou o mesmo comportamento, já que a ave excreta o excesso de sódio através da urina para manter seu equilíbrio eletrolítico (Wideman & Buss, 1985; Barros et al., 2004; Silva et al., 2006).

Segundo Macari (1996) citado por Ribeiro (2007) a adição de sais na ração (sódio, potássio, etc) provoca sensação de sede nas aves e, conseqüentemente, estimula o consumo de água, no entanto, do ponto de vista fisiológico, não existirá quebra de homeostase, pois todo o excesso de água ingerido será excretado pelos rins produzindo fezes moles.

Para Murakami et al. (2003) esse aumento na umidade das excretas pode representar um grande problema, uma vez que essa situação contribui para o desenvolvimento e proliferação de moscas nas instalações e áreas próximas à granja.

De acordo com a análise de regressão, houve efeito quadrático dos níveis de sódio para o CDMS ( $\hat{Y} = 69,39 + 20,89X - 52,38X^2$ ,  $r^2 = 0,19$ ), CDN ( $\hat{Y} = 42,64 + 84,55X - 155,71X^2$ ,  $r^2 = 0,46$ ), CDEB ( $\hat{Y} = 70,48 + 26,71X - 68,56X^2$ ,  $r^2 = 0,17$ ) e valores de EMA ( $\hat{Y} = 2.728 + 3.356X - 8.568X^2$ ,  $r^2 = 0,44$ ) e EMAn ( $\hat{Y} = 2.584 + 2.784X - 7.489X^2$ ,  $r^2 = 0,45$ ). De acordo com as equações obtidas, a digestibilidade da MS aumentou até 0,20%, a do N até 0,27% e a da EB e os valores de EMA e EMAn até o nível de 0,19% de sódio, reduzindo em seguida.

De acordo com a comparação das médias, o menor coeficiente de digestibilidade para MS ocorreu com os níveis 0,07 e 0,32% de sódio, sem diferir estatisticamente de 0,12; 0,22 e 0,27%. O menor coeficiente de digestibilidade para N ocorreu com 0,07% de sódio sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si. A EMA e EMAN foi maior nas aves submetidas à ração contendo 0,22% de sódio, enquanto os menores valores de metabolização foram obtidos com as aves alimentadas com rações contendo 0,07 e 0,32% de sódio.

A redução na digestibilidade dos nutrientes e nos valores de EMA e EMAN mostram os efeitos negativos provocados pelo excesso e pela deficiência de sódio na alimentação das aves. Segundo alguns autores (Murakami, 2000; Barros et al., 2001 e Furlan et al., 2002), o sódio, além de outras funções, atua na absorção de glicose, aminoácidos como lisina e arginina, cálcio, fósforo e vitaminas hidrossolúveis. Níveis marginais desse mineral nas rações reduzem a absorção desses nutrientes pelo trato gastrointestinal, cujo transporte é altamente dependente da bomba de sódio prejudicando dessa forma, o aproveitamento dos nutrientes da ração e o desempenho animal.

Os dados de desempenho das codornas na fase de produção são apresentados na Tabela 5.

Conforme a análise estatística dos dados, não houve interação significativa entre o período de avaliação e os níveis de sódio da ração para todas as variáveis, indicando independência nas respostas aos níveis de sódio durante a fase do ciclo de postura. Contudo, verificou-se diferença significativa das variáveis, entre os três períodos avaliados na fase de postura.

A análise de regressão do efeito dos níveis de sódio sobre as variáveis de desempenho foi não significativa para todas as variáveis avaliadas. Entretanto, através do teste de comparação de médias, observou-se que apenas o consumo de ração e a massa de ovo variaram significativamente entre os tratamentos.

As aves que foram alimentadas com ração inicial contendo 0,12% de sódio apresentaram o maior consumo de ração na fase de postura, entretanto, houve diferença significativa apenas entre o resultado desse nível e os obtidos para as aves dos níveis 0,07 e 0,32%. Para a massa de ovo, a diferença significativa ficou restrita entre as aves alimentadas com 0,12% e 0,22% de sódio.

**TABELA 5** - Desempenho de codornas japonesas na fase de produção, alimentadas com rações com diferentes níveis de sódio na fase de crescimento

Período	Níveis de sódio da ração de crescimento (%)						Média*
	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	
Consumo de ração (g/ave/dia)							
1	20,57	21,30	21,05	20,04	20,37	19,99	20,05c
2	22,15	24,07	23,98	23,28	24,44	22,44	23,42b
3	24,23	27,13	25,30	25,06	25,30	23,71	25,12a
Média**	22,33b	24,17a	23,39ab	22,75ab	23,32ab	22,01b	-
% Postura (ave/dia)							
1	40,49	47,02	46,97	40,00	46,67	40,76	43,65c
2	74,02	90,56	82,38	76,71	85,75	83,25	82,21b
3	92,69	92,63	94,30	86,65	95,24	91,50	92,17a
Média**	68,61a	75,48a	73,84a	66,98a	75,46a	70,80a	-
Peso do ovo (g)							
1	10,21	10,41	10,30	10,22	9,58	10,22	10,15c
2	10,42	10,73	10,33	10,40	10,47	10,44	10,47b
3	10,64	11,02	10,73	10,76	10,72	10,62	10,75a
Média**	10,43a	10,72a	10,46a	10,46a	10,25a	10,42a	-
Massa de ovo (g/ave/dia)							
1	4,10	4,89	4,86	4,10	4,60	4,16	4,45c
2	7,69	9,72	8,51	8,00	8,97	8,70	8,61b
3	9,86	10,20	10,11	9,28	10,21	9,71	9,90a
Média**	7,18ab	8,14a	7,76ab	7,05b	7,88ab	7,42ab	-
Conversão alimentar (g/g)							
1	5,65	4,45	4,48	5,09	5,28	5,16	5,01a
2	3,00	2,48	2,86	3,17	2,77	2,59	2,80b
3	2,47	2,68	2,56	2,72	2,48	2,44	2,55b
Média**	3,77a	3,27a	3,34a	3,70a	3,54a	3,47a	-

\*Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK.

\*\*Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste SNK.

O maior consumo pelas aves alimentadas com 0,12% de sódio pode ser atribuído ao maior peso corporal destas ao final da fase inicial e, conseqüentemente, durante toda fase de postura. Por serem maiores, essas aves também apresentaram ovos com maiores pesos absolutos o que acabou influenciando nos resultados da massa de ovo.

Com a comparação entre períodos, observou-se que o consumo de ração, a porcentagem de postura, o peso do ovo e a massa de ovo aumentaram e a conversão alimentar melhorou com o avanço da idade das aves.

O aumento no consumo de ração está associado ao crescimento normal das codornas ainda na fase de produção. Esse aumento do peso corporal também possibilitou o aumento no tamanho do ovo que por sua vez, juntamente com o aumento da produção, levou ao aumento da massa de ovos produzida. Já a conversão alimentar melhorou entre os períodos por conta do aumento na produção e da massa de ovo.

Esses resultados estão associados ao início da vida produtiva das aves produtoras de ovos. Normalmente, verifica-se aves com menor peso corporal e ovos menores no início da maturidade sexual, que juntamente com a produção de ovos aumentam gradativamente com o avanço da idade das aves, até atingirem o limite máximo característico de cada espécie ou linhagem.

Os resultados obtidos para a fase de postura demonstraram pouca influência do nível de sódio recebido pelas aves na fase de crescimento. Esse resultado pode ser associado à ausência de diferenças expressivas entre os tratamentos ao final da fase de crescimento (42 dias de idade).

Com base nas estimativas das equações de regressão obtidas para desempenho das aves na fase de 1 a 21 dias, coeficientes de digestibilidade de nutrientes e valores de EMA e EMAn, pode-se recomendar que as rações para codornas japonesas na fase de crescimento sejam formuladas com no máximo 0,23% de sódio. Por outro lado, apostar no crescimento compensatório com a utilização de níveis reduzidos de sódio pode ser temeroso, recomendando-se, assim que as rações para essa fase tenham no mínimo 0,12% de sódio.

Os balanços eletrolíticos das dietas experimentais foram 231,36; 253,10; 274,85; 296,60; 318,35 e 340,10 mEq/kg. A relação ideal de Na+K-Cl, para melhor desempenho (ganho de peso e conversão alimentar) de codornas de 1 a 42 dias de idade variou de 253,10 a 300,95 mEq/kg.

#### **4. CONCLUSÃO**

Considerando os resultados, pode-se recomendar que as rações para codornas japonesas na fase de crescimento (1 a 42 dias) sejam formuladas com níveis de sódio entre 0,12% e 0,23%.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de sódio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3(Supl.1), p.1044-1051, 2001.
- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de sódio para frangos de corte nas fases de crescimento ( 22 a 42 dias) e final ( 43 a 53 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6(Supl.1), p.1721-1733, 2004.
- FURLAN, R.L.; SILVA, A.V.F.; BORGES, S.A. et al. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 4, p.51-76, 2002.
- GAL-GARBER, O.; MABJEESH, S.J.; SKLAN, D. et al. Nutrient transport in the small intestine: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> - atpase expression and activity in the small intestine of the chicken as influenced by dietary sodium. **Poultry Science**, v. 82, p.1127-1133, 2003.
- GOULART, C.C; LIMA, M.R; COSTA, F.G.P. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas em crescimento de 1 a 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootenia/Gmosis, [2008] (CD-ROM).
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 9ª Ed.,1997.1014p.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.W. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.
- MONGIN, P. Electrolytes in nutrition: a review of basic principles and practical application in poultry and swine. In: IMC NUTRITION CONFERENCE, 3., 1980, Melbourne. **Proceedings...** Orlando: IMC, 1980. p.1-15.
- MURAKAMI, A.E.; WATKINS, E.A.; SALEH, J.A. et al. Estimation of the sodium and chloride requirements for the young broiler chick. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.1, p.155-162, 1997.
- MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico e sua influência sobre desempenho dos ossos de frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p.33-61.
- MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p.113-120.
- MURAKAMI, A.E.; FIGUEIREDO, D.F.; PERUZZI, A.Z et al. Níveis de sódio para poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1647-1680(supl.1), 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Committee on Animal Nutrition. Nutriente requirements of poultry.** 9ª Ed. Washington: National Academy of Science - NAS, 1994. 155 p.

OVIEDO RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. et al. Exigências nutricionais de sódio e cloro e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase inicial (1-7 dias de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1166-2000, 2000.

PENZ JUNIOR, A.M. Nutrição na primeira semana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE PINTOS DE CORTE NA PRIMEIRA SEMANA, 1998, Campinas. **Anais...** Campina: FACTA, 1998. p. 121-129.

RAQUEL, D.L.; LIMA, R.C.; FREITAS, E.R. et al. Níveis de sódio para codornas de corte no período de 1 a 21 dias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gmosis,[2008]. (CD-ROM).

RIBEIRO, M.L.G. **Níveis de sódio na ração de frangas e de galinhas poedeiras durante o primeiro e segundo ciclos de postura.** Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2007. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, 2007.

ROCHA, J.K.P.; SILVA, J.H.V.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 21 a 35 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gmosis,[2005]. (CD-ROM).

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186 p.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical analysis system - SAS/STAT: User's guide.** Version 7.0. Cary, NC, 2000. 325p.

SHIM, K.F.; VOHRA, P. A review of the nutrition of Japanese quail. **World Poultry Science Journal**, v.40, n.3, p.261-74, 1984.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 165p.

SILVA, J.D.B.S.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. et al. Níveis de sódio em rações de pintos de corte na fase inicial. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.84-90, 2006.

VENA, V.E.; LAC, T.H.; WIDEMAN, R.F. Dietary sodium, glomerular filtration rate, autorregulation and glomerular size distribution profiles in domestic fowl (*Gallus gallus*). **Journal of Comparative Physiology**, v.160, n.1, p- 7-16, 1990.

WIDEMAN, R.F.; BUSS, E.G. Arterial blood gas, pH, and bicarbonate values in laying hens for thin eggshell production. **Poultry Science**, v.64, p.1015-1019, 1985.

**CAPÍTULO II**  
**NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix*  
*japonica*) NA FASE DE POSTURA**

**NÍVEIS DE SÓDIO PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NA FASE DE POSTURA**

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de sódio sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de produção, 288 codornas com dezesseis semanas de idade foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, oito repetições e seis aves por unidade experimental. Os níveis de sódio avaliados foram: 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32%. Para as características de desempenho, observou-se aumento linear do consumo de ração, consumo de água e peso do ovo com o acréscimo de sódio e efeito quadrático para produção de ovos, massa de ovo e conversão alimentar com níveis ótimos de 0,23%, 0,24% e 0,23% de sódio, respectivamente. Para os constituintes do ovo, houve efeito quadrático dos níveis de sódio para as porcentagens de gema, casca e albúmen, obtendo-se máxima proporção de albúmen e casca e mínima de gema com 0,21% de sódio. Não houve efeito significativo dos níveis de sódio para Unidades Haugh, entretanto houve efeito quadrático para gravidade específica, com nível ótimo de 0,22% de sódio. O acréscimo de sódio não afetou a umidade das excretas, mas houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN), energia bruta (CDEB) e valores energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) com níveis ótimos estimados de 0,24% para CDMS, 0,22% para CDN, 0,21% para CDEB e 0,18% para EMA e EMAn. Considerando os resultados, pode-se recomendar que as rações para codornas japonesas na fase de produção sejam formuladas com níveis de sódio entre 0,18% e 0,23%.

**Palavra-chave:** água, bicarbonato, ovo, postura, sal, umidade

## **SODIUM LEVELS FOR JAPANESE QUAILS (*Coturnix coturnix japonica*) IN THE LAYING PERIOD**

**ABSTRACT** - With the aim to evaluate the effects of sodium levels on the performance of Japanese quails in the production phase, 288 quails with sixteen weeks of age were distributed in a completely randomized design with six treatments and eight replications with six birds each. The sodium levels evaluated were: 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 and 0,32%. For the performance characteristics, we observed a linear increase in feed intake, water intake and egg weight with the increase in sodium levels and a quadratic effect for egg production, egg mass and feed conversion with optimum sodium levels of 0,23%, 0,24% and 0,23%, respectively. For the egg constituents, there was a quadratic effect of the sodium levels for the percentages of the yolk, albumen and shell, and the maximum proportion of albumen and shell and the minimal proportion of yolk were obtained with a 0,21% sodium level. There was no significant effect of the sodium levels for the Haugh Units, however, there was a quadratic effect for the specific gravity, with an optimum sodium level of 0,22%. The increase in sodium level did not affect the excreta moisture but there was a quadratic effect on the digestibility of dry matter (DCDM), nitrogen (DCN), gross energy (DCGE) and values of apparent metabolizable energy (AME) and apparent corrected (AMEn) with estimated optimum levels of levels of 0,20% for DCDM, 0,22% for DCN, 0,21% for DCGE and 0,18% for AME and AMEn. Considering the results, we can recommend that rations for Japanese quails in the production period are formulated with sodium levels between 0,18% and 0,23%.

**Keywords:** water, bicarbonate, egg, laying, salt, moisture

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços na criação de codornas, as exigências nutricionais dessas aves ainda não estão bem definidas. As rações utilizadas nas criações são formuladas com base nas exigências nutricionais de galinhas de postura ou em dados descritos na literatura internacional, pouco condizentes com as condições brasileiras (clima tropical), podendo comprometer os dados de produtividade, causando prejuízos econômicos com a utilização de níveis, às vezes, inadequados de alguns nutrientes (Murakami & Furlan, 2002).

Para que a ave possa expressar o máximo desempenho produtivo, é essencial que haja o equilíbrio da relação energia-nutriente na composição nutricional da ração, especialmente dos nutrientes que são adicionados em pequenas proporções nas rações, como as vitaminas e os minerais (ppm e/ou ppb) (Ribeiro, 2007).

Observa-se na literatura que os estudos que envolvem minerais priorizam os que são incluídos em maiores quantidades nas rações ou os que são mais caros, como o cálcio e o fósforo, por causarem maior impacto no custo final de produção (Ribeiro et al., 2008). Desta forma, alguns minerais como o sódio, que tem baixo preço e alta disponibilidade são esquecidos, embora seja tão importante quanto os demais para o metabolismo animal.

Sabe-se que deficiência de sódio na ração provoca redução na produção e no peso dos ovos, no consumo de ração e no peso corporal (Kuchinski et al., 1997). Entretanto, níveis elevados de sódio ocasionam aumentos significativos no consumo de água e elevação da umidade das excretas (Wideman & Buss, 1985).

Pesquisas avaliando a exigência de sódio para codornas japonesas na fase de produção tem apresentado resultados variados. Alguns fatores como a fonte de sódio (cloreto de sódio, bicarbonato de sódio), a idade das aves e as condições ambientais podem influenciar esses resultados, havendo a necessidade, portanto, de pontuar o estágio de desenvolvimento que se encontram as aves, as interações no organismo animal que podem existir com a fonte de sódio utilizada na ração, bem como a condição ambiental que as aves foram submetidas.

Segundo Vieites et al. (2006), altas temperaturas afetam os ajustes comportamentais, fisiológicos, hormonais e moleculares das aves, o que muda a relação ótima de eletrólitos na ração para o melhor desempenho. Os níveis de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  do plasma são afetados pelo estresse calórico. A concentração de  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  diminui à

medida que a temperatura aumenta (Borges et al., 2003), enquanto que o  $\text{Cl}^-$  aumenta (Teeter & Belay, 1996).

No tocante à fonte de sódio, pesquisadores tem avaliado os efeitos da substituição do cloreto de sódio pelo bicarbonato de sódio na ração de aves, por conta dos efeitos adversos provocados pelo excesso de cloreto sobre a qualidade da casca do ovo (Murakami et al., 2003a). Ao contrário do cloreto, tem-se atribuído ao sódio a propriedade de elevar a gravidade específicas dos ovos (Junqueira et al., 2003), por conta de sua interação com o fósforo plasmático (Miles, 1980 citado por Junqueira et al., 2003).

Pizzolante et al. (2006) utilizando sal comum na alimentação de codornas japonesas com 378 dias de idade concluíram que 0,10% de sódio foi suficiente para proporcionar bom desempenho produtivo e qualidade dos ovos. Barreto et al. (2007) utilizando sal comum, sugeriram 0,281% de sódio para melhor desempenho e qualidade dos ovos de codornas com 69 dias de idade. Costa et al. (2008) utilizando bicarbonato de sódio na ração de codornas com 65 dias de idade recomendaram 0,231% de sódio na ração.

Observa-se que estes resultados são variáveis e diferem do recomendado pelo NRC (1994), que sugere 0,15% de sódio para codornas japonesas em produção.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza - Ceará, no período de 6 de Março a 19 de Junho de 2008, com uma duração de 105 dias divididos em 5 períodos de 21 dias cada.

A fase de campo foi realizada no Setor de Avicultura e as análises laboratoriais no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), pertencentes à referida instituição universitária.

As variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão foram medidas com termômetro de máxima e mínima e psicrômetro, respectivamente. Os dados foram registrados diariamente e as leituras realizadas às 08:00 h e 16:00 h. Ao final de cada período experimental foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e os valores de umidade relativa do ar.

Foram utilizadas 288 codornas japonesas com 16 semanas de idade com peso médio inicial de 181 gramas, alojadas em gaiolas de postura (33 cm x 23 cm x 16 cm)

que dispunham de comedouros tipo calha e coletor de ovos. A coleta foi feita diariamente às 08:00 h.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições de seis aves por tratamento. Os tratamentos consistiram de seis rações experimentais contendo 0,07; 0,12; 0,17; 0,22; 0,27 e 0,32% de sódio.

A composição percentual e nutricional calculada e o balanço eletrolítico das rações experimentais da fase de produção são apresentados na Tabela 6.

**TABELA 6** - Composição percentual e nutricional calculada e balanço eletrolítico das rações experimentais utilizadas na fase de produção

Ingrediente	Nível de sódio (%)					
	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32
Milho	57,04	56,96	56,56	56,16	55,77	55,38
Farelo de soja	33,15	33,16	33,23	33,31	33,38	33,45
Óleo de soja	2,20	2,23	2,36	2,50	2,63	2,76
Calcário	5,41	5,41	5,41	5,41	5,40	5,40
Fosfato Bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Metionina	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Puramix de postura <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Cloreto de amônia	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato de Na	0,00	0,03	0,21	0,40	0,58	0,77
Sal comum	0,07	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada						
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína bruta (%)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Lisina (%)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Metionina +cistina (%)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Metionina (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Treonina (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Triptofano (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cálcio (%)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
P disponível (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32
Cloro (%)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Potássio (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
BE (mEq/kg)	190,44	212,19	233,93	255,68	277,43	299,18

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: ácido fólico - 400 mg; pantotenato de cálcio - 3.000 mg; antioxidante - 2.000 mg; biotina - 10 mg; cobre - 2.000 mg; colina - 126.000 mg; ferro - 20.000 mg; iodo - 200 mg; manganês - 18.000 mg; metionina - 217.800 mg; niacina - 7.000 mg; piridoxina - 800 mg; colistina - 1.400 mg; riboflavina - 1.200 mg; selênio - 100 mg; tiamina - 800 mg; vit. A - 2.000.000 UI; vit. B12-1.000 mcg; vit. D3 - 500.000 UI; vit. E - 1.000 UI; zinco - 14.000 mg; biotina - 10 mg; menadiona - 500 mg; bacitracina de zinco - 10.000 mg.

Durante todo o experimento as rações e a água foram oferecidas à vontade e os bebedouros utilizados foram adaptados para possibilitar a medição do consumo.

O programa de luz utilizado foi de 16 h (natural e artificial) e a iluminação artificial feita com lâmpadas fluorescentes de 40 watts.

As rações foram compostas por milho e farelo de soja e formuladas segundo as recomendações nutricionais em energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos, cálcio e fósforo constantes no NRC (1994). Os dados de composição de alimentos foram baseados segundo Rostagno et al. (2005).

Os níveis de Cl e K foram mantidos constantes em todas as rações, sendo o nível de Cl mantido de acordo com a recomendação do NRC (1994) e o K oriundo da utilização do farelo de soja como principal fonte de proteína. A suplementação de sódio foi realizada com a inclusão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ). Para manutenção dos mesmos níveis de Cl nas rações, utilizou-se o cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

O balanço eletrolítico (BE) das rações experimentais foi calculado segundo Mongin (1980) e o cálculo do BE foi realizado considerando-se os valores percentuais dos eletrólitos, por meio da seguinte fórmula:  $\text{NM} = \% \text{Na}^+ \times 10000 / 22,990^* + \% \text{K}^+ \times 10000 / 39,102^* - \% \text{Cl}^- \times 10000 / 35,453^*$  (\* Equivalente grama do Na, Cl e K, respectivamente).

As variáveis avaliadas foram consumo de ração (g/ave/dia), consumo de água (mL/ave/dia), percentagem de postura (%/ave/dia), peso do ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia), conversão alimentar (g/g), percentagem (%) de gema, albúmen e casca, Unidades Haugh (UH) e gravidade específica (GE).

O consumo médio de água foi calculado diariamente às 08:00 h com uma proveta com capacidade de 1L com subdivisões de 10 mL, através da diferença entre a quantidade oferecida e a sobra de água. Um sistema alternativo composto por uma garrafa com capacidade para 500 mL e uma base de bebedouro usualmente utilizada na criação de pássaros foi utilizado para que a medição fosse possível. Após a medição e descarte da sobra, 500 mL de água eram colocados nas garrafas para uma nova medição no dia seguinte. Apenas metade das repetições (quatro) foi utilizada na determinação do consumo de água por conta da disposição das gaiolas (baterias), totalizando 24 unidades experimentais.

A produção de ovos foi registrada diariamente por gaiola e no final de cada período foi calculada a produção por repetição.

O peso médio do ovo foi obtido dividindo-se o peso total dos ovos coletados pelo número de ovos postos por repetição, em cada período. A pesagem foi feita uma vez na semana em balança eletrônica “Marte” com precisão de 0,01g.

A massa de ovo foi calculada multiplicando-se o número de ovos produzidos pelo peso médio do ovo para cada repetição e em cada período.

A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração pela massa de ovo.

A avaliação da qualidade e constituintes dos ovos foi realizada uma vez por semana durante todo o período experimental. Para isso os ovos de cada repetição eram coletados e três deles selecionados aleatoriamente (evitando-se ovos quebrados, trincados ou sujos) para serem utilizados na avaliação.

Inicialmente foi determinado a GE dos ovos utilizando-se os procedimentos descritos por Freitas et al. (2004). O sistema de pesagem foi montado sobre balança de precisão Marte (0,01g) para obtenção do peso do ovo no ar e na água. Os valores do peso do ovo no ar e na água foram anotados para o cálculo da GE, através da equação  $GE = PO / (PA \times F)$ , onde: PO = peso do ovo no ar, PA = peso do ovo na água e F = fator de correção da temperatura.

Após a determinação da GE os ovos foram quebrados sobre uma superfície de vidro para a determinação da altura do albúmen com o uso de um micrômetro de profundidade. Os dados da altura do albúmen e do peso dos ovos foram utilizados no cálculo das UH por meio da equação  $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$ , onde: H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g).

Após a determinação da altura do albúmen, as gemas foram separadas e pesadas em balança de precisão “Marte” (0,01g) e as cascas dos ovos foram lavadas e postas para secar por um período de 48 horas e posteriormente foram pesadas. As porcentagens de gema e casca foram obtidas pela relação entre o peso de cada porção e o peso do ovo e a porcentagem de albúmen foi determinada por diferença: % albúmen = 100 – (% gema + % casca).

Para avaliar os efeitos dos níveis de sódio na ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e umidade das excretas, procedeu-se a coleta total de excretas durante quatro dias do terceiro período experimental. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia (08:00 h e 16:00 h) e após cada coleta foram encaminhadas ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho tipo faca e assim como as rações experimentais, foram

aconditionadas em frascos e encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Com base nos resultados laboratoriais, foram calculados a umidade das excretas (%) e os coeficientes de digestibilidade de MS, N e EB. Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) das rações foram calculados com base nas equações propostas por Matterson et al. (1965).

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2000). Para que as exigências de sódio fossem estimadas, os dados foram submetidos à análise de regressão. A comparação das médias foi realizada pelo teste SNK (5%).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a fase de produção as temperaturas mínima e máxima foram  $25,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2$  e  $29,5^{\circ}\text{C} \pm 0,55$ , respectivamente e umidade relativa do ar de 89%.

Os efeitos dos diferentes níveis de sódio sobre as características de desempenho das codornas japonesas na fase de postura encontram-se na Tabela 7.

**TABELA 7** – Consumo de ração, consumo de água, percentagem de postura, peso do ovo, massa de ovo e conversão alimentar de codornas em postura alimentadas com rações contendo diferentes níveis de sódio

Níveis de sódio	CONS (g/ave/dia)	COA (mL/ave/dia)	POST (%)	POVO (g)	MASSA (g/ave/dia)	CA (g/g)
0,07	24,08b	54,52a	78,28b	10,83b	8,47b	2,90a
0,12	26,12a	56,87a	90,78a	11,24ab	10,20a	2,58b
0,17	25,58a	62,94a	89,53a	11,12ab	9,95a	2,60b
0,22	25,40a	62,74a	93,57a	11,27ab	10,55a	2,43b
0,27	26,83a	64,22a	91,80a	11,41a	10,46a	2,55b
0,32	26,13a	67,39a	89,69a	11,41a	10,24a	2,60b
Regressão	L*	L*	Q*	L*	Q*	Q*
CV(%)	3,99	12,13	6,52	3,12	6,15	6,13

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $P > 0,05$ ) pelo teste SNK.

CONS - Consumo de ração; COA - consumo de água; POST - percentagem de postura; POVO - peso do ovo; MASSA - massa de ovo; CA - conversão alimentar

L - Efeito linear; Q - Efeito quadrático; \* significativo ( $P < 0,05$ ); CV – coeficiente de variação

Para o consumo de ração observou-se efeito linear ( $\hat{Y} = 24,33 + 6,97X$ ,  $r^2 = 0,21$ ) dos níveis de sódio. Com a comparação dos resultados pelo teste de média, verificou-se

que o menor consumo de ração foi obtido pelas codornas alimentadas com a ração contendo 0,07 % de sódio, não havendo diferenças significativas entre os demais níveis.

Pesquisas realizadas com codornas reportam diferentes efeitos dos níveis de sódio sobre o consumo na fase de postura como quadrático (Barreto et al., 2007; Petrucci et al., 2008; Costa et al., 2008), em que ocorre um aumento com os níveis de sódio e em seguida uma redução no consumo, e ausência de efeito (Oviedo Rondón et al., 1999; Murakami et al., 2006). Foi possível observar nas pesquisas citadas que, as aves alimentadas com a ração contendo a menor quantidade de sódio avaliada, apresentaram a menor média de consumo de ração, assim como o presente estudo. Entretanto, níveis de sódio superiores a 0,22% (Barreto et al., 2007), 0,236% (Petrucci et al., 2008) e 0,216% (Costa et al., 2008) também provocaram redução do consumo de ração. Isso ocorre porque o excesso de sódio no organismo pode alterar o equilíbrio eletrolítico e prejudicar a homeostase corporal da ave que em resposta, reduz o consumo de ração e assim, limita a ingestão de sódio.

As variações dos efeitos do sódio verificadas na literatura podem ocorrer por conta da idade das aves avaliadas, condições ambientais e de manejo variadas e efeito nutricional dos demais componentes da ração, uma vez que a associação desses fatores pode proporcionar diferentes respostas aos parâmetros avaliados durante a determinação do correto nível de sódio para as aves (Murakami et al., 2003a).

Em algumas pesquisas (Penz Junior, 1998; Barros et al., 2001), o aumento no consumo de ração tem sido associado ao aumento da ingestão de água provocado por maiores quantidades de sódio na ração. Ribeiro (2007) cita que a palatabilidade da ração é alterada pela sua quantidade de sódio e que tanto o seu excesso quanto sua deficiência pode influenciar o consumo das aves.

O consumo de água aumentou linearmente ( $\hat{Y} = 51,84 + 49,25X$ ,  $r^2 = 0,29$ ) com o acréscimo de sódio na ração. De acordo com o teste de médias, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos.

Este resultado diverge do obtido por Costa et al. (2008), que utilizando níveis de 0,08; 0,16; 0,24; 0,32 e 0,40% de sódio nas rações de codornas japonesas verificaram efeito quadrático, com o maior consumo de água ao nível de 0,281% de sódio. Observa-se nesse trabalho, que o maior nível de sódio utilizado (0,40%) está acima do nível máximo estudado na presente pesquisa (0,32%) e talvez por isso tenha ocorrido diferença no efeito dos tratamentos sobre o consumo de água. As aves alimentadas com o nível de 0,40% de sódio apresentaram o menor consumo de ração. Essa redução

observada pode ter ocorrido por conta do excesso de sódio e como o consumo de água e de ração estão diretamente correlacionados, a redução no consumo de ração provocou uma redução também no consumo de água.

Ribeiro et al. (2007a), trabalhando com níveis de sódio (0,04; 0,10; 0,16; 0,21; 0,27 e 0,32 %) próximos aos utilizados na presente pesquisa, observaram que o consumo de água aumentou linearmente à medida que aumentava a quantidade de sódio na ração de frangas de reposição de 12 a 18 semanas de idade.

A maior ingestão de água pelas aves é uma tentativa de manter a homeostase corporal que pode ser prejudicada com o aumento dos níveis de sódio na ração (Barros et al., 2004). Rações com altos níveis de eletrólitos, principalmente pela presença de sódio podem aumentar a osmolaridade sanguínea e levar ao aumento do consumo de água (Borges et al., 2002).

A ingestão de água (sede) depende de sinais provenientes da percepção da redução do volume de líquido celular, extracelular ou das alterações na pressão osmótica, situações essas controladas pelo hormônio antidiurético (ADH) e pelo mecanismo hormonal renina-angiotensina (Bruno & Macari, 2002). Quando ocorre consumo de água por conta do excesso de sódio na alimentação, verifica-se uma diluição imediata da água do compartimento extracelular, diminuindo assim, a pressão osmótica para manutenção da homeostase (Goldberger, 1978).

Para a variável percentagem de postura observou-se efeito quadrático ( $\hat{Y} = 65,29 + 246,04X - 536,90X^2$ ,  $r^2 = 0,39$ ), apresentando um aumento na produção com o aumento dos níveis de sódio até 0,23% e uma redução em seguida.

De acordo com o teste de média, o nível de 0,07% de sódio promoveu a menor percentagem de postura, não havendo diferenças significativas entre os demais níveis.

O efeito quadrático dos níveis de sódio na produção de ovos para codornas é semelhante ao reportado por Oviedo Rondón et al. (1999), Ribeiro et al. (2007b), Petrucci et al. (2008) e Costa et al. (2008), porém, difere dos resultados obtidos por Barreto et al. (2007) que relataram aumento linear na produção com o acréscimo de sódio e de Pizzolante et al. (2006) e Murakami et al. (2006), que observaram ausência de efeito dos tratamentos.

Verificam-se controvérsias na literatura quanto ao nível de sódio para as codornas na fase de postura. O nível de sódio que proporcionou a melhor produção de ovos na presente pesquisa (0,23%) é superior ao recomendado por Oviedo Rondón et al. (1999) de 0,18% e Figueiredo et al. (2004), de 0,148 % de sódio. Contudo, é semelhante

à exigência estimada por Costa et al. (2008), de 0,231% de sódio. Nesse contexto, as divergências do melhor nível de sódio da ração para a produção de ovos pelas codornas podem ser associadas à grande variabilidade de condições em que os experimentos foram realizados, entre as quais pode-se destacar os níveis de sódio utilizados e a idade das aves.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a ração deficiente em sódio (0,07%) promoveu uma menor produção de ovos, concordando com De Blas & Mateos (1991). Segundo os autores, rações com deficiência nesse mineral diminuem o tamanho e a produção de ovos, além de perda de peso corporal e canibalismo. Harms (1991) avaliando o efeito da remoção de sal (NaCl), sódio ou cloro na ração de poedeiras comerciais verificou que a retirada total de sódio, e não a de cloro, cessou a produção de ovos. Isso ocorre porque o sódio mostra-se mais limitante em relação ao cloro, já que seu nível, na maioria dos ingredientes para rações, é mais baixo do que aqueles do cloro, e conjuntamente, o sódio e o cloro intervêm no equilíbrio da pressão osmótica, no equilíbrio ácido-básico e na permeabilidade celular (Andrighetto et al., 1986 citado por Rodrigues et al., 2004).

Para o peso do ovo, houve aumento linear ( $\hat{Y} = 10,82 + 2,02X$ ,  $r^2 = 0,20$ ) com o acréscimo de sódio nas rações.

Pelo teste de comparação de médias verificou-se que o nível 0,07% promoveu a produção de ovos com peso significativamente inferior aos das codornas alimentadas com 0,27 e 0,32% de sódio.

Algumas pesquisas com codornas de postura apontaram ausência (Oviedo Rondón et al., 1999; Figueiredo et al., 2004; Murakami et al., 2006; Pizzolante et al., 2006; Costa et al., 2008) de efeito do sódio sobre o peso do ovo. Porém, Barreto et al. (2007), Ribeiro et al. (2007b) e Petrucci et al. (2008) observaram efeito dos níveis de sódio sobre o peso do ovo, sugerindo que de alguma forma, o sódio pode influenciar o peso do ovo.

Na presente pesquisa, os níveis de proteína e aminoácidos essenciais se mantiveram constantes em todos os tratamentos, contudo observou-se um aumento linear do consumo de ração com o acréscimo de sódio, fato esse que pode ter contribuído para o aumento no peso do ovo, já que as aves aumentaram consequentemente, a ingestão desses nutrientes.

A participação do sódio nos processos de transporte de aminoácidos e de cálcio, também pode ter contribuído até certo ponto para o aumento no peso dos ovos, em

virtude de uma maior disponibilidade desses nutrientes para a síntese de componentes dos ovos como o albúmen e a casca.

Para a massa de ovo foi observado efeito quadrático ( $\hat{Y} = 6,84 + 31,23X - 65,10X^2$ ,  $r^2 = 0,50$ ) dos níveis de sódio. De acordo com a equação obtida, a massa de ovo aumentou até o nível de 0,24% e diminuiu em seguida. O teste de médias mostrou que aves alimentadas com 0,07% de sódio na ração produziram uma quantidade de massa de ovo significativamente inferior a dos demais tratamentos.

O aumento dos níveis de sódio na ração até 0,24% melhorou a massa de ovo, possivelmente por conta do aumento do peso dos ovos observado com o acréscimo de sódio. Porém, com o aumento de sódio acima deste valor, houve uma diminuição na massa de ovo, provavelmente influenciada pela redução da produção de ovos observada a partir desse nível.

Os resultados observados na presente pesquisa corroboram com aqueles relatados por Barreto et al. (2007), Ribeiro et al. (2007b), Petrucci et al. (2008) e Costa et al. (2008). Avaliando a exigência de sódio para codornas japonesas em postura esses pesquisadores sugeriram os níveis de 0,246; 0,24; 0,208 e 0,23%, respectivamente, para obtenção dos melhores resultados de massa de ovo. Porém, Pizzolante et al. (2006) não observaram efeito significativo dos níveis de sódio sobre esta variável, mas de acordo com esses autores, apesar de não significativo, as aves alimentadas com a dieta contendo 0,22% de sódio apresentaram os piores resultados para massa de ovo. O motivo para esta divergência nos resultados pode ser a idade das aves avaliadas, já que Pizzolante et al. (2006) utilizaram codornas com 54 semanas de idade, ou seja, aves mais velhas do que as utilizadas nos estudos citados anteriormente. Embora as pesquisas ainda não comprovem, as exigências de sódio também podem variar com a idade e a linhagem da ave (Ribeiro, 2007).

A conversão alimentar apresentou resposta quadrática ( $\hat{Y} = 3,29 - 7,18X + 15,79X^2$ ,  $r^2 = 0,40$ ) para os níveis de sódio da ração, melhorando com o acréscimo de sódio até 0,23% e piorando em seguida. De acordo com o teste de média, a pior conversão foi obtida para aves alimentadas com ração contendo 0,07%, não havendo diferença significativa entre os demais tratamentos. Esses resultados concordam com aqueles encontrados por Ribeiro et al. (2007b), que também obtiveram pior conversão alimentar a partir de 0,23% de sódio na ração para codornas japonesas.

A pior conversão alimentar, a partir de 0,23% de sódio na ração, pode ser atribuída ao aumento do consumo de ração e à redução na massa de ovo a partir desse

nível. De acordo com a média dos tratamentos, o menor nível estudado proporcionou a pior conversão e apesar dos demais tratamentos não terem apresentado diferenças significativas entre si, observa-se que o nível máximo avaliado também provocou uma piora na conversão alimentar, concordando com os resultados obtidos por Murakami et al. (2006). Esses resultados concordam com a afirmativa de que a deficiência ou o excesso de sódio pode prejudicar o desempenho das aves por conta da redução na absorção de aminoácidos e monossacarídeos pelo trato gastrintestinal cujo transporte depende do equilíbrio do funcionamento da bomba de sódio (Barros et al., 2004).

Os efeitos dos níveis de sódio para conversão alimentar de codornas japonesas tem apresentado resultados variados na literatura tais como efeito quadrático (Oviedo Rondón et al., 1999; Figueiredo et al. 2004; Petrucci et al., 2008), efeito linear (Barreto et al., 2007) e ausência de efeito (Costa et al., 2008). Para poedeiras comerciais observa-se efeito quadrático (Fassani et al., 2002; Ribeiro et al., 2008; Ribeiro et al., 2007a), efeito linear (Murakami et al., 2003b) e ausência de efeito (Murakami et al., 2003a; Junqueira et al., 2003). É possível que fatores como idade e linhagem das aves modifiquem as exigências nutricionais deste mineral, causando divergência entre os resultados encontrados.

Os resultados de proporção dos componentes e da qualidade dos ovos de codornas japonesas em postura são apresentados na Tabela 8.

**TABELA 8** – Componentes e qualidade dos ovos de codornas japonesas

Níveis de sódio	Gema (%)	Albúmen (%)	Casca (%)	Unidades Haugh	Gravidade específica
0,07	31,20a	61,02a	7,72b	87,07a	1,070b
0,12	30,63ab	61,40a	7,97ab	87,86a	1,073a
0,17	30,22b	61,73a	8,06a	87,41a	1,075a
0,22	30,25b	61,81a	7,93ab	86,99a	1,075a
0,27	30,34b	61,54a	8,06a	86,85a	1,075a
0,32	30,90ab	61,35a	7,82ab	86,26a	1,074a
Regressão	Q*	Q*	Q*	NS	Q*
CV(%)	2,03	0,98	2,79	1,48	0,17

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $P > 0,05$ ) pelo teste SNK.

Q - Efeito quadrático; NS - Não significativo; \* - significativo ( $P < 0,05$ ); CV – coeficiente de variação

Para os constituintes do ovo, houve efeito quadrático dos níveis de sódio sobre a percentagem de gema ( $\hat{Y} = 32,52 - 22,53X + 54,41 X^2$ ,  $r^2 = 0,27$ ), albúmen ( $\hat{Y} = 60,07 + 15,92X - 37,64 X^2$ ,  $r^2 = 0,17$ ) e casca ( $\hat{Y} = 7,34 + 6,92X - 16,82 X^2$ ,  $r^2 = 0,20$ ). Segundo as equações para a percentagem de albúmen e casca, a proporção das duas variáveis aumentou até o nível de 0,21%, diminuindo em seguida. Para percentagem de gema, a

equação indicou que ao contrário do observado para casca e albúmen, a proporção de gema nos ovos diminuiu inicialmente atingindo o mínimo com cerca de 0,21% de sódio, aumentando em seguida.

Com a comparação das médias observou-se que a percentagem de albúmen não diferiu significativamente entre os tratamentos, porém houve diferença significativa para a percentagem de gema e casca. A maior percentagem de gema foi obtida com 0,07% de sódio e a menor com 0,17, 0,22 e 0,27%. Para a casca, a maior percentagem foi observada para os ovos das aves alimentadas com 0,17, 0,22 e 0,27% de sódio e a menor com 0,07%.

Conforme os resultados da presente pesquisa, a proporção de albúmen diminuiu com níveis de sódio acima de 0,21%, sugerindo que níveis acima desse valor podem reduzir a produção desse constituinte do ovo pelas codornas. Isso ocorreria em razão de alterações da participação do sódio nos processos de absorção de aminoácidos no trato gastrointestinal, cujo transporte depende da atividade do sódio. De acordo com Rutz (2002), rações com altos níveis de sódio aumentam a degradação de lisina prejudicando a deposição protéica e provocando assim, uma redução da quantidade de albúmen depositado para constituição do ovo. Segundo Hernández (1995), os aminoácidos metionina e lisina exercem influência sobre o peso dos ovos, afetando mais o albúmen que a gema e, de fato, o sódio participa dos processos de absorção de lisina e outros aminoácidos (Murakami, 2000; Furlan, 2002).

A maior proporção da casca do ovo com o aumento dos níveis de sódio até 0,21% pode estar relacionada com a atividade do sódio sobre o controle do nível de fósforo plasmático, pois de acordo com Miles (1980) citado por Junqueira et al. (2003), o sódio da ração, ao adentrar na corrente sanguínea se combina com o fósforo plasmático, dando formação ao fosfato de sódio e conseqüentemente, facilitando sua eliminação pelos rins. Dessa forma, a diminuição do fósforo traz efeitos benéficos à incorporação do cálcio ao íon carbonato, com conseqüente elevação da síntese de carbonato de cálcio.

A importância do sódio para formação da casca também está associada ao transporte de íons cálcio através da corrente sanguínea, de forma que, o transporte passivo de cálcio é realizado em associação com o transporte de outros íons e dentre eles, o sódio e o bicarbonato (Guyton & Hall, 1997; Ito, 1998).

Apesar dos benefícios, observa-se na presente pesquisa que o excesso de sódio pode prejudicar a formação da casca do ovo. Quando esse mineral está em excesso no

organismo, uma maior quantidade de íons hidrogênio ( $H^+$ ) intracelular será trocada, em permuta, pelos íons sódio ( $Na^+$ ) intraluminal, elevando assim, a concentração de íons bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) intracelular e o pH sanguíneo (Ribeiro, 2007). Como resultado, maiores quantidades de  $HCO_3^-$  chegarão aos túbulos renais e como não poderão ser reabsorvidos sem primeiro reagir com os íons hidrogênio, o excesso será excretado pela urina (Furlan, 2002). A excreção ocorre porque penetram nos túbulos renais maiores quantidades de  $HCO_3^-$  do que de  $H^+$ . Essa quantidade desproporcional desfavorece a reabsorção dos íons bicarbonato, prejudicando a formação da casca por reduzir a síntese de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ).

As variações observadas para os constituintes do ovo indicaram que a proporção de gema está inversamente relacionada com as variações das proporções de albúmen e de casca. Isso ocorre porque na obtenção da proporção (%) dos constituintes do ovo cada porção é relacionada com o peso do ovo e a variação em um dos constituintes implica na mudança de proporção de outro, sendo que essa variação pode não ser diretamente proporcional. Assim, o acréscimo de sódio até o nível de 0,21% aumentou a percentagem de albúmen e de casca, fazendo com que a proporção de gema com relação ao peso do ovo diminuísse. O contrário ocorreu quando a partir de 0,21% de sódio verificou-se uma redução na proporção de albúmen e de casca, fazendo com que a proporção de gema aumentasse com relação ao peso do ovo.

Os dados da literatura tem mostrado que a atividade do sódio no processo de formação do ovo pode apresentar maior influência no oviduto do que no ovário, podendo assim influenciar mais a formação do albúmen e da casca e interferir pouco no peso da gema. Nas avaliações dos ovos realizadas na presente pesquisa, observou-se que o peso médio das gemas foi em torno de 3,40 g ao longo dos diferentes períodos para todos os tratamentos. Assim, as variações verificadas na proporção da gema podem ser atribuídas às alterações dos outros constituintes do ovo.

Os resultados para os constituintes dos ovos obtidos na presente pesquisa diferem dos observados por Barreto et al. (2007) que determinando níveis de sódio para codornas japonesas em pico de postura verificaram efeito linear crescente e decrescente para percentagem de albúmen e gema, respectivamente, e não significativo para percentagem de casca.

Quanto à qualidade dos ovos, as análises de regressão e variância não mostraram efeito significativo dos níveis de sódio sobre a UH, apenas sobre a GE.

Para a gravidade específica, observou-se efeito quadrático dos níveis de sódio. Segundo a equação obtida ( $\hat{Y} = 1,06 + 0,08X - 0,18 X^2$ ,  $r^2 = 0,42$ ), a gravidade específica aumentou até o nível 0,22% e reduziu em seguida. De acordo com o teste de médias a menor gravidade específica dos ovos foi obtida pelas aves que consumiram 0,07% de sódio, não havendo diferença significativa entre os demais tratamentos.

O efeito não significativo do sódio sobre as Unidades Haugh está de acordo com Murakami et al. (2006), Figueiredo et al. (2004) e Pizzolante et al. (2006), porém discorda de Barreto et al. (2007), que verificaram efeito quadrático. Como esse parâmetro de qualidade depende da altura do albúmen, que por sua vez está diretamente relacionada à qualidade da proteína secretada no oviduto, pode-se dizer que embora os níveis de sódio tenham influenciado na secreção de albúmen de modo a alterar a sua proporção no ovo, a qualidade da proteína produzida não foi alterada pelos níveis de sódio avaliados.

Williams (1992) e Franco & Sakamoto, (2007) afirmam que a qualidade interna dos ovos é influenciada principalmente por doenças e pela idade da galinha. Quanto aos minerais, os autores não fazem nenhuma referência ao sódio, potássio e cloro, afirmando que somente o cromo, cobre, ferro, manganês, selênio e zinco poderiam trazer algum benefício, e o vanádio, ao contrário, traria prejuízo à qualidade interna dos ovos.

A gravidade específica apresenta relação direta com o percentual de casca, por conta disso o efeito do sódio foi semelhante nos dois parâmetros.

Miles & Harms (1982) registraram que a adição de bicarbonato de sódio às dietas de poedeiras proporcionou significativa melhora na taxa de produção e qualidade da casca dos ovos, quando observada a gravidade específica e espessura da casca. Junqueira et al. (2003), avaliando fontes e níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais citaram que o sódio atua de maneira decisiva sobre a qualidade externa dos ovos, independentemente do composto em que ele está contido.

A umidade das excretas, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), do nitrogênio (CDN), da energia bruta (CDEB) e os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das rações da fase de produção são apresentados na Tabela 9.

Para umidade das excretas, a análise de regressão e o teste de médias demonstraram ausência de efeito significativo dos níveis de sódio avaliados sobre esse parâmetro. Embora a análise de regressão tenha mostrado aumento na ingestão de água

com o acréscimo de sódio na ração, esse aumento não resultou em umidade das excretas indicando que os níveis de sódio utilizados não foram suficientes para provocar um aumento na umidade, corroborando com a idéia de que maiores níveis de sódio na ração podem ser utilizados sem trazer prejuízos à criação com o aumento da umidade das excretas.

Murakami et al. (2006) avaliaram níveis de sal comum em rações de codornas japonesas em postura, contendo 0,04; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18 e 0,22% de sódio e verificaram que a umidade das excretas não diferiu entre os tratamentos. Barreto et al. (2007) também não observaram efeito do sódio sobre a umidade das excretas quando utilizaram os níveis de 0,083; 0,149; 0,215 e 0,281% de sódio na ração de codornas em postura.

**TABELA 9.** Efeito dos níveis nutricionais de sódio sobre a umidade das excretas, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida para nitrogênio das rações de codornas na fase de produção

Níveis de sódio (%)	Umidade das excretas (%)	CDMS (%)	CDN (%)	CDEB (%)	EMA (Kcal/kg MS)	EMAn (Kcal/kg MS)
0,07	79,93a	69,79b	34,38a	73,34a	2.989bc	2.872bc
0,12	83,38a	72,62ab	36,79a	75,78a	3.165b	3.029b
0,17	83,17a	74,19ab	45,49a	77,42a	3.330a	3.160a
0,22	83,79a	73,37ab	43,12a	75,80a	3.115bc	2.970bc
0,27	82,11a	76,52a	44,25a	77,95a	3.098bc	2.946bc
0,32	83,07a	73,06ab	37,89a	74,61a	2.944c	2.818c
Regressão	NS	Q*	Q*	Q*	Q*	Q*
CV (%)	2,46	3,42	18,65	3,29	2,86	3,24

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste SNK.

CDMS - coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDN - coeficiente de digestibilidade do nitrogênio; CDEB - coeficiente de digestibilidade da energia bruta; EMA - energia metabolizável aparente; EMAn - energia metabolizável aparente corrigida

Q - Efeito quadrático; NS - não significativo; \* - significativo (P<0,05); CV - coeficiente de variação

Pesquisas realizadas com poedeiras comerciais (Murakami et al., 2003a; Murakami et al., 2003b) não mostraram efeito do sódio sobre a umidade das excretas. Segundo Murakami et al. (2003b), para que haja redução da umidade das excretas é necessário equilibrar os níveis de sódio de acordo com os níveis de cloro nas rações. Murakami et al. (2001) citado por Murakami et al. (2003a) determinando as exigências nutricionais de sódio (0,15;0,18;0,21 e 0,24%) e cloro (0,14;0,17;0,20 e 0,23%) para poedeira Lohmann com 31 semanas de idade, não constataram efeito dos níveis de sódio sobre a umidade das excretas, todavia concluíram que o nível de 0,24% de sódio,

para baixos (0,14%) ou altos (0,23%) níveis de cloro, proporcionaram menor umidade das excretas.

De acordo com a análise de regressão, houve efeito quadrático dos níveis de sódio para o CDMS ( $\hat{Y} = 64,71 + 85,52X - 179,39X^2$ ,  $r^2 = 0,35$ ), CDN ( $\hat{Y} = 19,87 + 227,92X - 529,43X^2$ ,  $r^2 = 0,24$ ), CDEB ( $\hat{Y} = 68,67 + 81,18 - 191,68X^2$ ,  $r^2 = 0,24$ ) e valores de EMA ( $\hat{Y} = 2.658 + 6.240X - 16.945X^2$ ,  $r^2 = 0,52$ ) e EMAN ( $\hat{Y} = 2.595 + 5.302X - 14.636X^2$ ,  $r^2 = 0,54$ ). De acordo com as equações obtidas, a digestibilidade da MS aumentou até 0,24%, a do N até 0,22%, a da EB até 0,21% e os valores de EMA e EMAN até o nível de 0,18% de sódio, reduzindo em seguida.

De acordo com a comparação das médias, não houve diferença significativa para os coeficientes de digestibilidade do N e da EB. O CDMS foi maior nas aves submetidas à ração contendo 0,27% e menor nas aves alimentadas com 0,07% de sódio. A EMA e EMAN foi maior para as aves alimentadas com ração contendo 0,17% de sódio e menor para as que consumiram ração contendo 0,07 e 0,32%.

Na presente pesquisa, os resultados de desempenho das codornas podem ser justificados através da digestibilidade dos nutrientes e dos valores da metabolização da energia, que variaram em função dos níveis de sódio. Observou-se que, com o acréscimo de aproximadamente 0,18 - 0,23% de sódio na ração houve um aumento da metabolização da energia e do coeficiente de digestibilidade do nitrogênio, o que beneficiou a produção e o peso dos ovos, aumentando a massa de ovo e melhorando a conversão alimentar. Porém, a partir dos níveis acima citados, a adição de sódio passou a reduzir a digestibilidade do nitrogênio e a metabolização da energia, prejudicando o desempenho animal. Observou-se que, níveis inferiores ou elevados de sódio na ração, além de comprometerem o ótimo desempenho das codornas, também provocaram alterações na qualidade dos ovos, com piora da qualidade da casca e redução da quantidade de albúmen depositado para formação do ovo.

O sódio atua na absorção de aminoácidos, carboidratos, cálcio, fósforo e vitaminas hidrossolúveis. Níveis marginais desse mineral nas rações reduzem a absorção desses nutrientes pelo trato gastrointestinal, cujo transporte é altamente dependente da bomba de sódio prejudicando dessa forma, o aproveitamento dos nutrientes da ração e o desempenho do animal (Murakami, 2000; Barros et al., 2001 e Furlan et al., 2002). Portanto, a presente pesquisa mostra que a redução na digestibilidade dos nutrientes e nos valores de EMA e EMAN podem ter sido provocados por conta do excesso ou pela deficiência de sódio na alimentação das aves.

Os balanços eletrolíticos das dietas experimentais foram 190,44; 212,19; 233,93; 255,68; 277,43 e 299,18 mEq/kg. De acordo com os resultados de produção, massa de ovo, percentagens de gema, casca e albúmen e qualidade da casca, o melhor balanço eletrolítico para codornas na fase de produção (16 a 31 semanas de idade) variou entre 242,63 e 255,68 mEq/kg.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base nas estimativas das equações de regressão obtidas para desempenho das aves, coeficientes de digestibilidade de nutrientes e valores de EMA e EMAn, pode-se recomendar que as rações para codornas na fase de produção sejam formuladas com níveis de sódio entre 0,18% e 0,23%.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BARRETO, S.L.T.; ARAÚJO, M.S.; UMIGI, R.T. et al. Níveis de sódio em dietas para codorna japonesa em pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1559-1565, 2007.
- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de sódio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3(Supl.1), p.1044-1051, 2001.
- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de sódio para frangos de corte nas fases de crescimento ( 22 a 42 dias) e final ( 43 a 53 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6(Supl.1), p.1721-1733, 2004.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; LAURENTIZ, A.C. et al. Electrolytic balance in broiler chicks during the first week of age. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.2, p.149-153, 2002.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BRUNO, L.D.G.; MACARI, M. Ingestão de água: Mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 16, p.201-206, 2002.
- COSTA, C.H.R.; BARRETO, S.L.T.; MOURA, W.C.O. et al. Níveis de fósforo e cálcio em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2037-2046, 2007.
- COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al. Exigência de sódio para codornas japonesas em postura. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. **Anais...** Fortaleza-CE: I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal. [2008] (CD-ROM).
- DE BLAS, C.; MATEOS, G.G. **Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras**. Madrid: Mundi Prensa/ Adeos, 263p., Capítulo 6, p.166, 1991.
- FASSANI, E.J.; BERTECHINI, A.G.; BRITO, J.A.G. et al. Utilização de diferentes níveis de suplementação de sódio para poedeiras comerciais no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.3, p. 235 – 241, 2002.
- FIGUEIREDO, G.O.; KATO, R.K.; BERTECHINI, A.G. et al. Níveis de sódio para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) no verão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 2., CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p.216, 2004.
- FRANCO, J.R.G.; SAKOMOTO, M.I. Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam, 2007. Disponível em < <http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/102> >. Acesso em 16/02/2009.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALEZ, M. M. et al. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p.509 – 512, 2004.

FURLAN, R.L.; SILVA, A.V.F.; BORGES, S.A. et al. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M. FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p., Capítulo 4, p.51-71, 2002.

GOLDBERGER, E. **Alterações do equilíbrio hídrico, eletrolítico e ácido-base**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978.404p.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara, 9ª Ed., 1997.1014p.

HARMS, R.H. Effect of removing salt, sodium or chloride from the diets of commercial layers. **Poultry Science**, n.70, p.333-336, 1991.

HERNÁNDEZ, M.T. El huevo comercial: estructura, composición, calidad y manejo. In: BUXADÉ, C. **Zootecnia: Bases de Producción Animal**. Tomo V: Avicultura clásica y complementaria. Madrid: Mundi Prensa, 424p., Capítulo XIV, p.267-281, 1995.

ITO, R.I. Aspectos nutricionais relacionados à qualidade da casca do ovo. In: VIII SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA. P.119-138, 1998.

JUNQUEIRA, O.M.; ANDREOTTI, M.O.; FARIA, D.E. et al. Fontes e níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.79-84, 2003.

KUCHINSKI, K.K.; HARMS, R.H.; RUSSEL, G. Re-evaluation of the sodium of the commercial laying hen. In: ANNUAL MEETING POULTRY SCIENCE, 86, 1997, Louisville Kentucky. **Proceedings...** Louisville: Supplement 1, v.59, 1997, p.236.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.

MILES, R.D.; HARMS, R.H. Relationship between egg specific gravity and plasma phosphorus from hens fed different dietary calcium, phosphorus and sodium levels. **Poultry Science**, v. 61, p 175-177, 1982.

MONGIN, P. Electrolytes in nutrition: a review of basic principles and practical application in poultry and swine. In: IMC NUTRITION CONFERENCE, 3., 1980, Melbourne. **Proceedings...** Orlando: IMC, 1980. p.1-15

MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico e sua influencia sobre o desempenho dos ossos de frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 2000, **Anais...** SP: FACTA, p.33-61, 2000.

MURAKAMI, A.E., FURLAN, A.C. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p.113-120.

MURAKAMI, A.E.; FIGUEIREDO, D.F.; PERUZZI, A.Z. Níveis de sódio para poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6(supl.1), p.1674-1680, 2003a.

MURAKAMI, A.E.; SAKOMOTO, M.I.; FRANCO, R.G. et al. Requirements of sodium and chloride by Leghorn laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.217-221, 2003b.

MURAKAMI, A.E.; SAKOMOTO, M.I.; SOUZA, L.M.G. et al. Determinação do melhor nível de sal comum para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2333-2337, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Committee on Animal Nutrition. Nutriente requirements of poultry.** 9ª Ed. Washington: National Academy of Science - NAS, 1994. 155 p.

OVIEDO RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; MORAES, E.R.G. et al. Exigência nutricional de sódio de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.1, p.73-76, 1999.

PENZ JUNIOR, A.M. Nutrição na primeira semana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE PINTOS DE CORTE NA PRIMEIRA SEMANA, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998. p. 121-129.

PETRUCCI, F.B.; SCOTTÁ, B.A.; JÚNIOR, J.G.V. Nível nutricional de sódio para codornas japonesas em postura. In: XII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba, 2008. Disponível em: < [http://www.inicepg.univap.br/docs/Arquivos/arquivosINIC/INIC1525\\_01\\_O.pdf](http://www.inicepg.univap.br/docs/Arquivos/arquivosINIC/INIC1525_01_O.pdf) >. Acesso em 08/12/2008.

PIZZOLANTE, C.C.; SALDANHA, E.S.P.B.; GARCIA, E.A. et al. Níveis de sal comum em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em final de produção. **Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v.7, n.2, p.123-130, 2006.

RIBEIRO, M.L.G. **Níveis de sódio na ração de frangas e de galinhas poedeiras durante o primeiro e segundo ciclos de postura.** Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2007. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, 2007.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; ARRUDA, A.M.V. et al. Níveis de sódio na ração de frangas de reposição de 12 a 18 semanas de idade. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.50-57, 2007a.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; SOUSA, J.B. et al. Exigências de sódio e de cloro e efeitos sobre o desempenho produtivo de codornas japonesas (*Coturnix coturnix*

*japonica*).In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** (Suplemento 9), 2007b.

RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A. et al. Níveis de sódio na ração de frangas de 7 a 12 semanas de idade. **Ciência Agrotécnica**,v. 32, n. 4, p. 1304-1310,2008.

RODRIGUES, E.A.; JUNQUEIRA, O.M.; VALÉRIO, M. et al. Níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.391-396, 2004.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª Ed. Viçosa: UFV, 2005. 186 p.

RUTZ, F. Proteínas: Digestão e Absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 375p.,Capítulo 10, p.135-141, 2002.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical analysis system - SAS/STAT: User's guide**. Version 7.0. Cary, NC, 2000. 325p.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 165p.

TEETER, R.G.; BELAY, T. Broiler management during acute heat stress. **Animal Feed Science Technology**,v.58, p.127-142, 1996.

VIEITES, F.M.; CONTE, A.J.; COLODEL, E.M. et al. Efeito de altos níveis de balanço eletrolítico sobre o desempenho de pintos de corte na fase inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gmosis,[2006]. (CD-ROM).

WIDEMAN, R.F.; BUSS, E.G. Arterial blood gas, pH, and bicarbonate values in laying hens for thin eggshell production. **Poultry Science**, v.64, p.1015-1019, 1985.

WILLIAMS, K.C. Same factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh Unit score. **World's Poultry Science Journal**,v. 48, n. 3, p. 5-16, 1992.

