



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
DOUTORADO EM CIÊNCIA ANIMAL

VANESSA RAQUEL DE MORAIS OLIVEIRA

**SUBSTITUIÇÃO DA METIONINA PELA BETAÍNA NA DIETA DE  
CODORNAS DE CORTE (*Coturnix coturnix coturnix*)**

MOSSORÓ (RN)

2018

VANESSA RAQUEL DE MORAIS OLIVEIRA

**SUBSTITUIÇÃO DA METIONINA PELA BETAÍNA NA DIETA DE  
CODORNAS DE CORTE (*Coturnix coturnix coturnix*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Sanidade e Produção Animal.

Orientador: Carlos Iberê Alves Freitas, Prof. Dr. UFERSA.

Co-orientadora: Marcelle Santana de Araújo, Profa. Dra. UFERSA.

MOSSORÓ (RN)

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

O48s Oliveira, Vanessa Raquel de Moraes.  
Substituição da metionina pela betaína na dieta de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) / Vanessa Raquel de Moraes Oliveira. - 2018.  
69 f. : il.

Orientador: Carlos Iberê Alves Freitas.  
Coorientadora: Marccelle Santana de Araújo.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2018.

1. Análise econômica. 2. Betaína HCl. 3. Codorna europeia. I. Freitas, Carlos Iberê Alves, orient. II. Araújo, Marccelle Santana de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VANESSA RAQUEL DE MORAIS OLIVEIRA

SUBSTITUIÇÃO DA METIONINA PELA BETAÍNA NA DIETA DE CODORNAS  
DE CORTE (*Coturnix coturnix coturnix*)

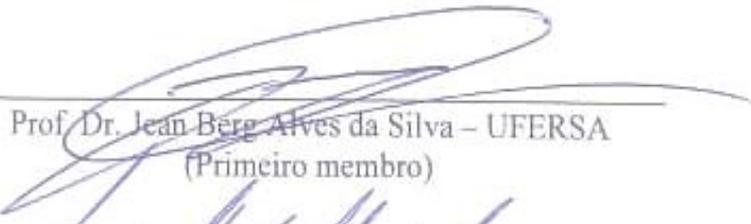
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Aprovação em: 27/02/2018

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Carlos Iberê Alves Freitas – UFERSA  
(Orientador – Presidente)



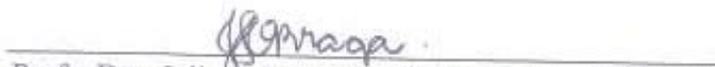
---

Prof. Dr. Jean Berg Alves da Silva – UFERSA  
(Primeiro membro)



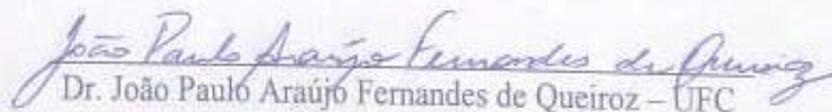
---

Prof. Dr. Leonardo Lelis de Macedo Costa – UFERSA  
(Segundo membro)



---

Profa. Dra. Juliana Fortes Vilarinho Braga – UFERSA  
(Terceiro membro)



---

Dr. João Paulo Araújo Fernandes de Queiroz – UFC  
(Quarto membro)

## **DADOS DO CURRICULARES DO AUTOR**

**VANESSA RAQUEL DE MORAIS OLIVEIRA** – Nascida no município de Apodi-RN no dia 12/04/1989, filha de Francisco de Assis de Oliveira e Maria Valdilene de Moraes, concluiu o ensino médio na Escola Estadual Professor Antônio Dantas em Apodi. Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em 2011.2. Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFERSA, a nível de mestrado, desenvolvendo dissertação, associando aspectos nutricionais e de ambiência na produção de poedeiras da linhagem Isa Label. Em março de 2014, ingressou no doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela mesma instituição, desenvolvendo a atual tese, avaliando os efeitos da substituição da metionina pela betaína sobre o desempenho produtivo e resposta imune de codornas europeias aos 42 dias de idade.

## DEDICATÓRIA

À Deus, que é o Centro de tudo, meu Senhor e Salvador.

À minha mãe Maria Valdilene de Moraes e aos meus irmãos Wistenaib Luís de Moraes e Francisco de Assis de Oliveira Filho. Vocês são minha motivação e razão da minha persistência.

Ao meu pai Francisco de Assis de Oliveira (*In memória*), por ter sido um homem de caráter e me inspirar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ser minha força, por me conduzir na realização desse trabalho.

À minha mãe Valdilene, meus irmãos Wistenaib e Filho por todo apoio durante minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, professor Carlos Iberê Alves Freitas, pela excelente orientação, confiança, por acreditar em mim e por sempre me incentivar.

À minha co-orientadora, professora Marcelle Santana de Araújo, por ser um exemplo de mulher e profissional. Obrigada por sua amizade e por me ajudar nos momentos que mais precisei.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Jean Berg Alves, Prof. Dr. Leonardo Lelis, Profa. Dra. Juliana Braga e Dr. João Paulo Queiroz pela disponibilidade e pela contribuição na correção desta tese.

Aos amigos, Priscila, Débora, Jackeline, Nayane, Claudionor, Nicolas, Breno, Ramon, Yago e Hudson. Obrigada pela ajuda na condução do experimento. Vocês são a melhor equipe de trabalho.

Aos amigos João Batista e João Paulo Queiroz, obrigada pela amizade, companheirismo e incentivo de sempre.

À Hélio, funcionário do setor de avicultura, obrigada por toda ajuda nos trabalhos realizados no setor.

À empresa BTech Tecnologias Agropecuárias e Comércio Ltda, pelo fornecimento da Betaína HCl.

À empresa Fujikura pela contribuição na aquisição dos animais.

"E sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles amam a Deus, os quais foram chamados segundo o Seu propósito".

Romanos 8:28

## **Substituição da metionina pela betaína na dieta de codornas de corte (*Coturnix coturnix*)**

**RESUMO** - A betaína é um derivado do aminoácido glicina, encontrado na maioria dos organismos. Devido sua função como doador de grupos metil e seu baixo custo, tem sido utilizada como substituto parcial a metionina em rações de frangos de corte. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de betaína em substituição parcial às exigências de metionina+cistina, sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e resposta imune de codornas europeias, bem como a viabilidade econômica da inclusão da betaína nas rações. Foram utilizadas 920 codornas europeias, no período de 1 a 42 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, dez repetições e 23 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro rações experimentais, sendo o tratamento 1, uma ração controle a base de milho e farelo de soja sem suplementação de betaína; tratamento 2, ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina sem suplementação de betaína; tratamento 3, ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína e tratamento 4, ração com redução de 10% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína. Para as variáveis estudadas observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos sobre o ganho de peso das codornas no período de 1 a 21 dias de idade, sendo todos os tratamentos superiores ao tratamento controle. Aos 42 dias de idade, observou-se que todos os tratamentos foram superiores ao tratamento controle para peso ao abate e peso eviscerado. O peso de coxa+sobrecoxa apresentou resultado satisfatório nos tratamentos com utilização de betaína, porém, não diferiram do tratamento com redução de 5% de metionina + cistina sem suplementação de betaína. Não houve efeito dos diferentes tratamentos para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar no período de 22 a 42 dias de idade. Da mesma forma, os tratamentos não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o peso dos órgãos linfóides, fígado e parâmetros sanguíneos das codornas aos 42 dias de idade. No entanto, a análise econômica das rações mostrou uma redução no preço por quilo de ração e melhor eficiência econômica com a suplementação de betaína. Logo, a betaína pode substituir até 10% as exigências de metionina+cistina de codornas europeias, sem comprometer o desempenho produtivo, características da carcaça, qualidade física da carne e resposta imune das aves.

**Palavras-chave:** Análise econômica, Betaína HCl, Codorna europeia.

## **Substitution of methionine for betaine in the diet of meat quails (*Coturnix coturnix coturnix*)**

**ABSTRACT** - Betaine is a derivative of the amino acid glycine, found in most organisms. Due to its function as a donor of methyl groups and low cost, has been used as a substitute for methionine in broilers nutrition. This study aimed to evaluate the effect of betaine supplementation in partial substitution of methionine + cystine requirement on productive performance, carcass yield and economic viability of betaine inclusion in the feed of European quails. A total of 920 European quails were used from 1 to 42 days of age. Birds were distributed in a completely randomized design of four treatments with 10 repetitions and 23 birds per experimental unit. Each treatment consisted of an experimental feed. In treatment 1, birds received a control feed, which was based in corn and soybean meal without any betaine supplementation and fulfilling nutritional requirements. In treatment 2, feed was formulated with a 5% reduction in methionine + cystine requirement values without betaine supplementation. In treatment 3, birds were fed with 5% reduction in methionine + cystine requirement values and supplemented with betaine. Treatment 4 consisted of a feed with 10% reduction in methionine + cystine requirement values with betaine supplementation. Analyses of variables revealed a significant effect ( $P < 0.05$ ) of treatments on weight gain of quails from 1 to 21 days of age, all treatments being superior to the control treatment. At 42 days of age, it was observed that all treatments were superior to the control treatment for slaughter weight and eviscerated weight. The weight of thigh + drumstick presented a satisfactory result in the treatments with betaine use, however, did not they differ from the treatment with 5% reduction of methionine + cystine without betaine supplementation. Treatments did not influence feed intake, weight gain and feed conversion in the period of 22 to 42 days of age. The treatments did not significantly influence ( $P > 0.05$ ) the weight of lymphoid organs, liver and blood parameters of quails at 42 days of age. However, economic analysis of treatments demonstrated a reduction in price per kilogram of feed and better economic efficiency with betaine supplemented diets. Betaine can substitute up to 10% as methionine + cystine requirements of European quails, without compromising the productive performance, carcass characteristics, physical quality of the meat and the immune response of the birds.

**Keywords:** Economic analysis, European quail, HCl Betaine.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>3. CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Coturnicultura de corte .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Betaína: Definição e funções .....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Uso da betaína como substituto a metionina na alimentação de aves .....	18
3.2.2 Betaína sobre o desempenho produtivo .....	19
3.2.3 Uso da betaína como modificador de carcaça .....	20
3.2.4 Betaína como imunomodulador .....	20
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4. CAPÍTULO 2 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA METIONINA POR BETAÍNA NA DIETA DE CODORNAS EUROPEIAS E SEU EFEITO NO DESEMPENHO PRODUTIVO, RENDIMENTO DE CARCAÇA E QUALIDADE FÍSICA DA CARNE .....</b>	<b>31</b>
RESUMO .....	32
ABSTRACT.....	33
1. INTRODUÇÃO .....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4. CONCLUSÃO .....	48
REFERÊNCIAS .....	49
<b>5. CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS LINFOIDES, HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SÉRICA DE CODORNAS EUROPEIAS SUPLEMENTADAS COM BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL A METIONINA .....</b>	<b>54</b>
RESUMO .....	55
ABSTRACT .....	56

1. INTRODUÇÃO .....	57
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
4. CONCLUSÃO .....	66
REFERÊNCIAS .....	67
ANEXO – Certificado da Comissão de ética no uso de animais .....	72

## 1. INTRODUÇÃO

A coturnicultura é o ramo da avicultura no qual codornas são criadas para produção de carne e ovos. Esta atividade está em ascensão e vem sendo considerada uma alternativa à criação de frangos de corte para obtenção de proteína de origem animal, devido ao baixo investimento em instalações, por ser um animal pequeno e ocupar pouco espaço (MOTA et al., 2015; MÓRI et al., 2005).

A linhagem *Coturnix coturnix coturnix*, também conhecida como codorna “francesa” ou “europeia” tem a finalidade de abate para a comercialização da carne (GRIESER et al., 2015). A ausência de dados sobre o desempenho e as exigências nutricionais dessas aves fizeram com que criadores, durante anos, explorassem a produção de carne de forma pouco organizada e empírica (MÓRI et al., 2005). Contudo, o uso de tecnologia a campo, como a ampliação de fornecedores de codornas de um dia e o melhoramento genético, levou ao aumento dos plantéis e índices de produtividade (GRIESER et al., 2015).

Apesar do desenvolvimento da coturnicultura, assim como em outras atividades agropecuárias, os custos com nutrição tem sido o principal fator onerante. Esses aumentos nos custos de produção são decorrentes da alta nos preços dos ingredientes utilizados na alimentação animal, os quais demandam a adoção de estratégias nutricionais que resultem em melhor aproveitamento dos nutrientes, proporcionando aumento da eficiência produtiva (COSTA et al., 2012).

Estudos têm mostrado formas de reduzir os custos com alimentação, um exemplo é o uso de aditivos nas rações para melhorar o aproveitamento dos ingredientes já utilizados na dieta, ou mesmo substituindo parte dos ingredientes que apresentem um custo maior (EL-SHINNAWY et al., 2015; AWAD et al., 2014). Entre os ingredientes de maior custo e que são indispensáveis na dieta das aves estão os aminoácidos essenciais.

A metionina, por exemplo, é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves alimentadas com dietas a base de milho e farelo de soja, e é requerido para manutenção, crescimento e produção normais (VELOSO et al., 2015; CARVALHO, 2017). A metionina desempenha um papel crucial na síntese de proteínas corporais, sendo essencial à síntese proteica nos músculos e penas, assim como a outros processos bioquímicos, onde participa como doador de grupos metil (YANG et al., 2017).

Conhecida por ser um poupador de metionina, a betaína tem se destacado na nutrição animal. De acordo com Santana et al. (2014), a betaína está ligada ao metabolismo de aminoácidos sulfurados, agindo como doador de grupamentos metílicos no processo de remetilação da homocisteína à metionina. O que torna possível reduzir a inclusão de DL-metionina e de cloreto de colina na ração de frangos de corte com a suplementação de betaína (SAKOMURA et al., 2013).

A betaína pode desempenhar papéis importantes para frangos de corte, tais como, melhorar o desempenho produtivo, distribuição de gordura (ALIREZAEI et al., 2012; ATTIA et al., 2005), atuar como um intensificador de coccidiostáticos (KETTUNEN et al., 2001) e indiretamente relacionada à resposta imunitária, já que participa do ciclo de remetilação da metionina, considerada como aminoácido fundamental para a imunidade celular e humoral (RAMA RAO et al., 2003; RAMA RAO et al., 2011).

Pesquisas têm relado os benefícios da suplementação de betaína na nutrição de algumas espécies como frangos de corte, patos e ganso. No entanto, nenhum estudo foi realizado para verificar os efeitos desse aditivo na alimentação de codornas de corte e seus efeitos sobre o desempenho produtivo e resposta imune dessas aves.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o efeito da substituição parcial de metionina + cistina por betaína na alimentação de codornas europeias sobre o desempenho produtivo, o rendimento carcaça, as características físicas da carne e a resposta imune das aves.

### **2.2 Específicos**

- ✓ Avaliar o efeito da suplementação de betaína sobre os parâmetros zootécnicos (consumo de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar de codornas de corte, em duas fases de criação, de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade).
- ✓ Avaliar o rendimento de carcaça e características físicas da carne (pH, capacidade de retenção de água, cor e luminosidade, perda de peso por cocção e força de cisalhamento) de codornas de corte suplementadas com betaína.
- ✓ Avaliar a eficiência econômica da substituição da DL-metionina por betaína na alimentação de codornas de corte.
- ✓ Avaliar o efeito da suplementação de betaína sobre os parâmetros sanguíneos (eritrograma, leucograma e bioquímica sérica), peso do fígado e órgãos linfóides de codornas de corte.

### **3. CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

#### **3.1. Coturnicultura de corte**

A coturnicultura vem se destacando no mercado agropecuário brasileiro como excelente atividade produtiva, devido aos baixos custos com investimento inicial e mão-de-obra, utilizando pequenas áreas e proporcionando rápido retorno de capital (TON et al., 2011). Essa atividade tem apresentado desenvolvimento bastante elevado, com a adequação às novas tecnologias de produção, onde uma atividade tida como de subsistência, passou a ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada (PASTORE et al., 2012).

A produção de corte é uma atividade ainda pouco difundida no Brasil; uma consequência do limitado conhecimento nas áreas de melhoramento genético, manejo, sanidade e, principalmente, nutrição destas aves (VELOSO et al., 2012). Durante anos, a principal origem das carnes comercializadas era o descarte de poedeiras, com uma carcaça menor e carne relativamente mais dura, por se tratar de aves mais velhas (ABREU et al., 2014; PASTORE et al., 2012). O sabor valioso e propriedades dietéticas da carne de codorna são fundamentais para o crescente interesse dos consumidores por este produto (GENCHEV et al., 2008).

Com o aumento do consumo mundial de carnes, cresce o número de consumidores cada vez mais exigente quanto a qualidade do produto final (Pinheiro et al., 2015), levando a estudiosos a buscarem por aditivos e alimentos que proporcionem uma melhor rentabilidade da produção e a obtenção de carcaças que atendam as expectativas mercado consumidor.

As características mais importantes da qualidade da carne avícola são aparência e textura porque influenciam a seleção inicial dos consumidores e satisfação final pelo produto (NARINC et al., 2013). A qualidade é um atributo importante que afeta as reações dos consumidores à carne de aves (Ikhlas et al., 2010), sendo necessário constante realização de pesquisas sobre os efeitos da nutrição, manejo e melhoramento genético sobre o rendimento de carcaça e qualidade da carne.

Em estudo avaliando rações contendo diferentes níveis de proteína bruta e suplementadas com aminoácidos essenciais para codornas de corte, Pinheiro et al. (2015) observaram que os níveis de proteína bruta influenciaram o rendimento de carcaça quente, o rendimento de peito e as características de qualidade da carne de codornas de corte aos

42 dias de idade, como pH, maciez objetiva, perda de peso por cozimento e tendência de cor do peito para o vermelho.

A carne da codorna caracteriza-se por ser um pouco mais escura que a do frango de corte e os principais fatores que interferem nesta coloração são idade, sexo, atividade do músculo (mioglobina) e alimentação (ABREU et al., 2014; PINHEIRO et al., 2015). De acordo com Rodrigues et al. (2008), não só o tamanho e o rendimento de carne são relevantes, mas outras características de qualidade da carne devem ser avaliadas, como o pH, maciez, capacidade de retenção de água, cor e características sensoriais.

### **3.2 Betaína: Definição e funções**

O nome comum para a trimetil-glicina é betaína, mas também pode ser denominada de N-trimetil-glicina, glicina-betaína, glicocol-betaína, oxineurina e licina (GARCIA NETO, 2004). A betaína é um trimetil derivado do aminoácido glicina, um composto que ocorre naturalmente, sendo amplamente distribuída em plantas e tecido animal (RATRIYANTO et al., 2009). Esse composto pode ser sintetizado a partir da colina na mitocôndria, porém o nível de síntese não é suficientemente alto para atender às necessidades orgânicas variáveis de betaína (RIBEIRO et al., 2015).

Comercialmente, a betaína pode ser encontrada em formas purificadas como anidro, monofosfato e cloridrato de betaína, sendo na forma natural como betaína anidra e a forma sintética como cloridrato de betaína ou betaína HCl (REZENDE, 2015).

Na literatura, os benefícios da betaína têm sido atribuídos a dois mecanismos metabólicos principais: ação doadora de grupamentos metílicos para diversas reações de transmetilação, que trazem benefícios para o desempenho produtivo com menor custo de produção; ação como osmólito reduzindo a demanda energética para manutenção da água celular e o equilíbrio iônico (KETTUNEN et al., 2001).

A betaína é considerada fonte doadora de grupos metil, uma vez que pode contribuir em reações metabólicas de síntese, desde a metilação de DNA, RNA e membranas celulares lipídicas até a síntese de carnitina, creatina e metionina (PEREIRA et al., 2010). De acordo com Zhan et al. (2006), a betaína participa como um componente do ciclo de remetilação, promovendo a conversão de homocisteína a metionina, após a adição de um grupo metilo por meio da enzima betaína-homocisteína metiltransferase (BHMT). Para Eklund et al. (2005), a função básica da BHMT é catalisar o transporte do grupo metil pré-formado da molécula de betaína para a homocisteína. Desse modo, sendo

uma doadora de grupamentos metílicos na remetilação, a betaína possibilita que a metionina seja direcionada à síntese proteica, poupando a participação desse aminoácido na doação de grupos metil (METZLER-ZEBELI et al., 2009).

Devido a estrutura bipolar e seus radicais metila quimicamente reativos, a betaína possui propriedades químicas específicas (RIBEIRO et al., 2015). As suas características bipolares e a elevada solubilidade em água possibilitam que esse composto seja utilizado pelos animais em numerosos tecidos como um osmólito (SANTANA et al., 2014). Nesse caso, a betaína aumenta a retenção hídrica celular e protege as enzimas intracelulares da desnaturação induzida por alta temperatura ou pela osmolaridade (LEVER e SLOW, 2010).

### 3.2.1 Uso da betaína como substituto a metionina na alimentação de aves

Alguns aminoácidos, além de participarem da síntese proteica, são importantes também para diversas reações metabólicas no organismo. Esses papéis "não proteicos" dos aminoácidos são responsáveis pela utilização de uma proporção significativa dos aminoácidos totais, tornando maior os cuidados ao estabelecer suas exigências dietéticas (BERTOLO E MCBEAIRTY, 2013).

As dietas das aves, formuladas à base de milho e farelo de soja, são deficientes em metionina e cistina, que são fisiologicamente essenciais para o desenvolvimento e o desempenho normal dessas aves (VELOSO et al., 2015). A metionina é utilizada para inúmeras funções metabólicas, como constituintes primários dos tecidos estruturais e de proteção no que se refere à produção de anticorpos (LEANDRO et al., 2007).

Além disso, a metionina desempenha um papel importante no metabolismo das aves como doador de grupos metil ativos. Sua deficiência pode trazer prejuízos aos animais, já que as reações de metilação são essenciais no metabolismo da gordura no fígado, evitando assim, a síndrome do fígado gorduroso (SANTANA et al., 2014).

Se os doadores de grupamentos metílicos, como betaína e colina, estiverem deficientes na dieta, então, presumivelmente, é necessário mais metionina para manter as reações críticas de metilação e, conseqüentemente, menos metionina estará disponível para a síntese de proteínas e crescimento (BERTOLO E MCBEAIRTY, 2013).

Estudos vem sendo realizados com a utilização da betaína em substituição parcial a metionina na dieta de frangos de corte, tendo em vista sua função como doador de

grupos metil e o menor custo da betaína em relação a metionina (YANG et al., 2017; RAMA RAO et al., 2011).

Embora a suplementação de metionina seja a principal fonte externa de grupos metil, com base no peso molecular, considera-se que a betaína possui cerca de 3,75 vezes a mais de grupos metil contidos na metionina (YANG et al., 2017). Sun et al. (2008) relataram que, a suplementação de betaína pode substituir até 25% da exigência de metionina dietética, sem afetar o crescimento de frangos de corte.

A exigência de betaína requerida pelos animais é influenciada pela concentração de outros doadores de grupos metil na dieta e a ocorrência de estresse osmótico no trato intestinal ou outros órgãos (RATRIYANTO et al., 2009).

Ao pesquisar os efeitos da suplementação de metionina e betaína para frangos de corte, Zhan et al. (2006) observaram que a betaína poupou a metionina na sua função como um aminoácido essencial e foi tão eficaz quanto a metionina na melhoria do desempenho e da qualidade da carcaça dos frangos. De acordo com Alirezai et al. (2012), a suplementação dietética de betaína em dieta com deficiência de metionina melhora o crescimento em frangos de corte.

### 3.2.2 Betaína sobre o desempenho produtivo

O uso da betaína na nutrição de frangos de corte criados em ambiente quentes, tem proporcionado melhoras no peso vivo, ganho de peso, conversão alimentar e características de carcaça (NOFAL et al., 2015). Akhavan-Salamat e Ghasemi (2015) verificaram que a suplementação de betaína diminuiu os efeitos negativos do estresse por calor sobre o ganho de peso de frangos de corte.

Em estudo, Rama Rao et al. (2011) constataram que, em dieta de frangos de corte sem inclusão de DL-metionina, a suplementação de betaína melhorou o crescimento na fase inicial, conversão alimentar e o rendimento de peito. Ao avaliarem características de desempenho produtivo, Hamidi et al. (2010) e Chand et al. (2017), observaram que a suplementação dietética com betaína resultou em melhor ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte.

Quanto ao desempenho produtivo em galinhas poedeiras, Ezzat et al. (2011) verificaram que a suplementação de betaína, sozinha ou em combinação com antioxidantes, melhorou o peso corporal com 32 e 36 semanas, a conversão alimentar, a produção de ovos e a massa de ovos.

A melhora no desempenho produtivo com a suplementação de betaína pode ser atribuída a algumas razões, por exemplo, a doação de grupo metil e suas propriedades osmoprotetoras que melhoram o ambiente intestinal e, assim, melhoram a capacidade de absorção dos nutrientes (KETTUNEN et al., 2001; RATRIYANTO et al., 2009; MAHMOUDNIA E MADANI, 2012). Em contrapartida, Fu et al. (2016) observaram que a suplementação de betaína não teve nenhum efeito significativo no desempenho produtivo de frangos de corte.

### 3.2.3 Uso da betaína como modificador de carcaça

Uma característica nutricional importante da betaína para aves, é a capacidade de agir como fator lipotrófico e reduzir a gordura da carcaça. Devido a função como doadora de grupamentos metílicos, a betaína participa do metabolismo proteico e energético, sendo utilizada na nutrição animal como um modificador de carcaça, em razão dos efeitos lipotrópicos e como promotor de crescimento (EKLUND et al, 2005), efeitos atribuídos pela maior disponibilidade de metionina para a síntese proteica, permitindo o crescimento muscular (PEREIRA, 2008).

Ratriyanto et al. (2009) destacam a redução do teor de gordura na carcaça, associado com o aumento do percentual de carcaça magra, como um dos benefícios da inclusão de betaína na dieta de animais monogástricos. A betaína está relacionada, ainda, à diminuição da peroxidação lipídica dos músculos do peito de frangos de corte, melhorando a qualidade da carne (ALIREZAEI et al., 2012).

As características de carcaça, como rendimento de peito e gordura abdominal, podem ser afetadas em frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com betaína (RAMA RAO et al., 2011). Em estudo com patos aos 84 dias de idade, Awad et al. (2014) observaram que todas as características de carcaça estudadas foram afetadas e a porcentagem de gordura abdominal foi significativamente menor devido à suplementação de betaína. Da mesma forma, Su et al. (2009) observaram que a suplementação de betaína diminuiu o peso do tecido adiposo abdominal de gansos. No entanto, os estudos realizados por Chand et al. (2017) e Sun et al. (2008) mostram que a suplementação de betaína não teve nenhum efeito sobre a deposição de gordura abdominal em frangos de corte.

### 3.2.4 Betaína como imunomodulador

O sistema imunológico é responsável pelos mecanismos de defesa contra agentes infecciosos e resistência à sua proliferação, evitando que os animais sejam acometidos por doenças. O estado imunológico das aves tem papel primordial na manutenção da homeostasia e no combate a desafios contra agentes patogênicos, fatores estes determinantes para a manutenção da sanidade animal (CARDOSO e TESSARI, 2015).

O sistema imune das aves é composto por órgãos linfoides primários como bolsa cloacal (bursa de Fabrícus) e timo, e por órgãos linfoides secundários como baço, placa de Peyer e glândula de Harder, assim como os tecidos linfoides distribuídos pelo organismo, como o GALT (associado ao intestino) (GERTNER et al., 2008).

A resposta imune aos microrganismos pode ser dividida em dois sistemas gerais: imunidade inata e imunidade adaptativa. A imunidade inata compreende as barreiras físicas, fatores solúveis e células fagocitárias, as quais podem ser consideradas como primeira linha de defesa contra os agentes patógenos, iniciando uma cascata de eventos, incluindo o recrutamento de vários componentes do sistema imunológico, bem como a indução e a modulação do sistema imunitário adaptativo (JUUL-MADSEN et al., 2008). Já a resposta imune adaptativa pode ocorrer de duas formas: resposta humoral que envolve anticorpos e resposta celular mediada por macrófagos e linfócitos (DAVISON, 2008).

Vários fatores podem influenciar as respostas imunológicas das aves, incluindo agentes estressores como altas temperaturas, desafio sanitário e má nutrição. A nutrição adequada é essencial para o desenvolvimento do sistema imune desde a fase embrionária, quando se inicia o desenvolvimento de órgãos linfoides. De acordo com Silva et al. (2014) a resposta imune das aves pode ser modulada pelas características da dieta, onde pequenas alterações nos níveis nutricionais ou de ingredientes usados podem tornar a ave mais ou menos susceptível a doenças.

Quanto às respostas imunes, pesquisas mostram que a suplementação de betaína na dieta de frangos de corte diminuiu a concentração de heterófilos e a porcentagem de linfócitos foi significativamente maior, levando a redução significativa da relação heterófilo/linfócito (NOFAL et al., 2015; CHAND et al., 2017). A relação heterófilo/linfócito tem sido proposta como um indicativo sensível de estresse crônico em aves, podendo ser esta variável confiável para avaliar o bem-estar das aves (BORGES et al., 2003; GROSS E SIEGEL, 1983).

De forma similar, Awad et al. (2014), observaram que a suplementação de betaína na dieta de patos, aumentou significativamente a porcentagem de linfócitos e diminuiu as porcentagens de heterófilos e a relação heterófilo/linfócito. Rama Rao et al. (2011) avaliaram a suplementação de betaína para frangos de corte e observaram que a suplementação aumentou as concentrações sorológicas de proteína total e globulina. Esses resultados mostram que a suplementação dietética de betaína tem efeitos positivos sobre o estado imunitário de aves.

Em estudo realizado com frangos de corte, Amerah e Ravindran (2015) observaram que a suplementação com betaína reduziu o impacto negativo da coccidiose nos escores de lesão intestinal, melhorou a digestibilidade de nutrientes e a eficiência alimentar dos animais. Dessa forma, a betaína pode ser utilizada como aditivo na ração das aves em substituição a medicamentos convencionais para coccidiose (TEIXEIRA et al., 2007).

A betaína pode ser indicada, ainda, como estratégia para diminuir os efeitos do estresse por calor, melhorando a tolerância ao estresse e imunidade humoral de frangos de corte criados em ambiente quentes (AKHAVAN-SALAMAT E GHASEMI, 2015).

## REFERÊNCIAS

ABREU, L.R.A.; BOARI, C.A.; PIRES, A.V.; PINHEIRO, S.R.F.; OLIVEIRA, R.G.; OLIVEIRA, K.M.; GONÇALVES, F.M.; OLIVEIRA, F.R. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, p.131-140, 2014.

AKHAVAN-SALAMAT, H.; GHASEMI, H.A. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. **Tropical Animal Health Production**, v.48, p.181-188, 2015.

ALIREZAEI, M.; REZA GHEISARI, H.; REZA RANJBAR, V.; HAJIBEMANI, A. Betaine: a promising antioxidant agent for enhancement of broiler meat quality. **British Poultry Science**, v.53, p.699-707, 2012.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V. Effect of coccidia challenge and natural betaine supplementation on performance, nutrient utilization, and intestinal lesion scores of broiler chickens fed suboptimal level of dietary methionine. **Poultry Science**, v.94, p.673-680, 2015.

ATTIA, Y.A.; HASSAN, R.A.; SHEHATTA, M.H.; EL-HADY, S.B. Growth, carcass quality and serum constituents of slow growing chicks as affected by betaine addition to diets containing 2. Different levels of methionine. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.856-865, 2005.

AWAD, A.L.; IBRAHIM, A.F.; FAHIM, H.N.; BESHARA, M.M. Effect of dietary betaine supplementation on growth performance and carcass traits of domyati ducklings under summer conditions. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.34, p.1019-1038, 2014.

BERTOLO, R.F; MCBREAIRTY, L.E. The nutritional burden of methylation reactions. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v16, p.102–108, 2013.

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, p.975-981, 2003.

CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. Interação entre imunidade e nutrição das aves: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Ano XXIV, n.24, 2015. Disponível em: >  
[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/spIlluwtcZYWUvo\\_2015-3-24-14-38-5.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/spIlluwtcZYWUvo_2015-3-24-14-38-5.pdf)<

CARVALHO, G.B. Níveis e fontes de metionina na nutrição de frangos de corte. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás. 2017

CHAND, N.; NAZ, S.; MARIS, H.; KHAN, R.U.; KHAN, S.; QURESHI, M.S. Effect of Betaine Supplementation on the Performance and Immune Response of Heat Stressed Broilers. **Pakistan Journal Zoology**, v.49, p.1857-1862, 2017.

COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V.; FIGUEIREDO-LIMA, D.F.; LIMA, R.B.; GOULART, C.C. Novos avanços na nutrição de aves. **Ergomix**, 2012. Disponível em: >  
<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/nutricao-de-aves-t37628.htm><

DAVISON, F. The importance of the avian immune system and its unique features. In: **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, cap.1, p.1-11, 2008.

EKLUND, M.; BAUER, E.; WAMATU, J.; MOSENTHIN, R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition Research Reviews**, v.18, p.31–48, 2005.

EZZAT, W.; SHOEIB, M.S.; MOUSA, S.M.M.; BEALISH, A.M.A.; IBRAHIEM, Z.A. Impact of betaine, vitamin c and folic acid supplementations to the diet on productive and reproductive performance of matrouh poultry strain under egyptian summer condition. **Egyptian Poultry Science**, v.31, p.521-537, 2011.

FU, Q.; LENG, Z.X.; DING, L.R.; WANG, T.; WEN, C.; ZHOU, Y.M. Complete replacement of supplemental dl-methionine by betaine affects meat quality and amino acid contents in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.212, p.63–69, 2016.

GARCIA NETO, M. Avaliação da biodisponibilidade relativa entre betaína e metionina para frangos de corte. Tese - Livre-Docência. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2004.

GENCHEV, A.; MIHAYLOVA, G.; RIBARSKI, S.; PAVLOV, A.; KABAKCHIEV, M. Meat quality and composition in japanese quails. **Trakia Journal of Sciences**, v.6, p.72-82, 2008.

GERTNER, L.R.S.; SANTIN, E.; SAAD, M.B. Influência da fumonisina sobre a resposta imunológica de aves: revisão bibliográfica. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, p.401-411, 2008.

GRIESER, D.O.; MARCATO, S.M.; FURLAN, A.C.; ZANCANELA, V.; DEL VESCO, A.P.; BATISTA, E.; PASQUETTI, T.J.; EUZÉBIO, T.C. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. **Acta Tecnológica**, v.10, p.23-37, 2015.

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, v.27, p.972-979, 1983.

HAMIDI, H.; JAHANIAN, R.; POURREZA, J. Effect of Dietary Betaine on Performance, Immunocompetence and Gut Contents Osmolarity of Broilers Challenged With a Mixed Coccidial Infection. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.5, p.193-201, 2010.

IKHLAS, B.; HUDA, N.; ISMAIL, N. Comparison of meat quality characteristics of young and spent quail. **Asian Journal Food Agro-Industry**, v.3, p.498-504, 2010.

JUUL-MADSEN, H.R.; VIERTLBOECK, B.; SMITH, A.L.; GÖBEL, T.W.F. Avian innate immune responses. In: **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, cap.7, p.129-158, 2008.

KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; TIIHONEN, K. Betaine aids in the osmoregulation of duodenal epithelium of broiler chicks, and affects the movement of water across the small intestinal epithelium in vitro. **Comparative Biochemistry and Physiology – Part A**, v.129, p.595-603, 2001.

LEANDRO, N.S.M.; CUNHA, W.C.P.; CAFÉ, M.B.; STRINGHINI, J.H.; GONZÁLES, E.; FILHO, R.M.J. Desempenho de frangos com diferentes pesos iniciais alimentados com ração pré-inicial suplementada com metionina. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.373-383, 2007.

LEVER, M.; SLOW, S. The clinical significance of betaine, an osmolyte with a key role in methyl group metabolism. **Clinical Biochemistry**, v.43, p.732–744, 2010.

MAHMOUDNIA, N.; MADANI, Y. Effect of Betaine on performance and carcass composition of broiler chicken in warm weather - A review. **International Journal of AgriScience**, v.2, p.675-683, 2012.

METZLER-ZEBELI, B. U.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.65, p.419-441, 2009.

MÓRI, C.; GARCIA, E.A.; PAVAN, A.C.; PICCININ, A.; PIZZOLANTE, C.C. Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.870-876, 2005.

MOTA, L.F.M.; COIMBRA, D.A.; ABREU, L.R.A.; COSTA, L.S.; PIRES, A.V.; SILVA, M.A.; BONAFÉ, C.M.; CASTRO, M.R.; LIMA, H.J.D.; PINHEIRO, S.R.F. Características de desempenho e de carcaça em diferentes genótipos de codornas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.613-621, 2015.

NARINC, D.; AKSOY, T.; KARAMAN, E.; AYGUN, A.; FIRAT, M.Z.; USLU, M.K. Japanese quail meat quality: Characteristics, heritabilities, and genetic correlations with some slaughter traits. **Poultry Science**, v.92, p. 1735–1744, 2013.

NOFAL, M.E.; GALAL, M.A.; MOUSA, S.M.M.; YASSEIN, D.M.M.; BEALSH, A.M.A. Effect of dietary betaine supplementation on productive, physiological and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks under the condition of heat stress. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.35, p.237-259, 2015.

PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P.; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.9, p.2041-2049, 2012. Disponível em: >[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura_.pdf)

PEREIRA, P.W.Z. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural nas rações de frangos de corte criados em aviário comercial. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008.

PEREIRA, P.W.Z.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; TRALDI, A.B.; SILVA, C.S.; RIZZO, P.V. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2230-2236, 2010.

PINHEIRO, S.R.F., DUMONT, M.A., PIRES, A.V., BOARI, C.A., MIRANDA, J.A., OLIVEIRA, R.G., FERREIRA, C.B. Rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte alimentadas com rações de diferentes níveis de proteína e suplementadas com aminoácidos essenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, p.292-297, 2015.

RAMA RAO, S.V.; PRAHARAJ, N.K.; REDDY, M.R.; PANDA, A.K. Interaction between genotype and dietary concentrations of methionine for immune function in commercial broilers. **British Poultry Science**, v.44, p.104–112, 2003.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; SAHARIA, P.; SUNDER, G.S. Effect of Supplementing Betaine on Performance, Carcass Traits and Immune Responses in Broiler Chicken Fed Diets Containing Different Concentrations of Methionine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.662 – 669, 2011.

RATRIYANTO, A.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E.; EKLUND, M. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.1461 – 1476, 2009.

REZENDE, P.M. Relações de aminoácidos sulfurados: lisina digestíveis e diferentes fontes de betaína nas dietas pré-inicial e inicial de frangos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás. 2015.

RIBEIRO, P.R.; KRONKA, R.N.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; TUCCI, F.M.; SCANDOLERA, A.J.; BUDIÑO, F.E.L. Diferentes níveis de betaína na ração de suínos sobre a estrutura e ultra-estrutura da mucosa intestinal. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p. 517-524, 2015.

RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; BRESSAN, M.C.; NAGATA, A.K.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. Qualidade da carne de peito de frangos de corte recebendo rações com diferentes relações lisina digestível: proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1023-1028, 2008.

SAKOMURA, N.K.; BARBOSA, N.A.A.; SILVA, E.P.; LONGO, F.A.; KAWAUCHI, I.M.; FERNANDES, J.B.K. Efeito da suplementação de betaína em dietas de frangos de corte em condições de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.336-341, 2013.

SANTANA, M.H.M.; COSTA, F.G.P.; LUDKE, J.V.; FIGUEIREDO JÚNIOR, J.P. Interações nutricionais entre aminoácidos sulfurados, colina e betaína para aves. **Archivos de Zootecnia**, v.63, p.69-83, 2014.

SILVA, S.R.G.; ABREU, M.L.T.; LOPES, J.B.; LEAL, D.I.B.; ALMENDRA, S.N.O.; SILVA, S.M.M.S.; COSTA, E.M.S. Desempenho e resposta imune de frangos de corte

alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.21, p.199-203, 2014.

SU, S.Y.; DODSON, M.V.; LI, X.B.; LI, Q.F.; WANG, H.W.; XIE, Z. The effects of dietary betaine supplementation on fatty liver performance, serum parameters, histological changes, methylation status and the mRNA expression level of Spot14 $\alpha$  in Landes goose fatty liver. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v.154, p.308-314, 2009.

SUN, H.; YANG, W.R.; YANG, Z.B.; WANG, Y.; JIANG, S.Z.; ZHANG, G.G. Effects of Betaine Supplementation to Methionine Deficient Diet on Growth Performance and Carcass Characteristics of Broilers. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v.3, p.78-84, 2008.

TON, A.P.S.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; TOLEDO, J.B.; SCHERER, C.; CONTI, A.C.M. Exigências de lisina digestível e de energia metabolizável para codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.593-601, 2011.

TEIXEIRA, M.; NIANG, T.M.S.; GOMES, A.V.C.; TEIXEIRA FILHO, W.L.; LOPES, C.W.G. Alterações clínicas e patológicas durante a infecção experimental com *Eimeria acervulina* em frangos de corte suplementados com betaína. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.14, p.127-132, 2007.

VELOSO, R.C.; ABREU, L.R.A.; MOTA, L.F.M.; CASTRO, M.R.; SILVA, M.A.; PIRES, A.V.; LIMA, H.J.D'A.; BOARI, C.A. Modelos de norma de reação para estudo das características de qualidade da carne de codornas de corte em função das razões (metionina + cistina): lisina da dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.1438-1448, 2015.

VELOSO, R.C.; PIRES, A.V.; TIMPANI, V.D.; DRUMOND, E.S.C.; GONÇALVES, F.M.; FARIA FILHO, D.E. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável em uma linhagem de codorna de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.34, p.169-174, 2012.

YANG, Z.; WANG, Z.Y.; YANG, H.M.; XU, L.; GONG, D.Q. Effects of dietary methionine and betaine on slaughter performance, biochemical and enzymatic parameters in goose liver and hepatic composition. **Animal Feed Science and Technology**, v.228, p.48-58, 2017.

ZHAN, X.A.; LI, J.X.; XU, Z.R.; ZHAO, R.Q. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers. **British Poultry Science**, v.47, p.576-580, 2006.

## **4. CAPÍTULO 2**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA  
METIONINA POR BETAÍNA NA DIETA DE CODORNAS EUROPEIAS E  
SEUS EFEITOS SOBRE DESEMPENHO PRODUTIVO, RENDIMENTO DE  
CARÇA E QUALIDADE FÍSICA DA CARNE**

**Viabilidade econômica da substituição parcial da metionina por betaína na dieta de codornas europeias e seus efeitos sobre desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade física da carne**

**RESUMO** - A coturnicultura é uma atividade em expansão que tem proporcionado lucratividade ao produtor. No entanto, o custo com alimentação tem levado a busca por alimentos alternativos, que possam substituir os ingredientes convencionais e reduzir o custo da produção. Objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da substituição parcial da metionina + cistina pela betaína sobre o desempenho produtivo, o rendimento da carcaça e a qualidade física da carne de codorna européia de 1 a 42 dias de idade. Foram utilizadas 920 codornas europeias, machos e fêmeas, no período de 1 a 42 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, dez repetições e 23 codornas por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro rações experimentais, sendo o tratamento 1 (T1), uma ração controle a base de milho e farelo de soja sem suplementação de betaína, atendendo as exigências das aves; tratamento 2 (T2), ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina sem suplementação de betaína; tratamento 3 (T3), ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína; e tratamento 4 (T4), ração com redução de 10% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína. Para as variáveis estudadas observou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) dos tratamentos sobre o ganho de peso das codornas no período de 1 a 21 dias de idade. Aos 42 dias de idade, observou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) da suplementação de betaína sobre o peso ao abate, peso eviscerado e peso de coxa+sobrecoxa. Os tratamentos não influenciaram o consumo de ração e conversão alimentar no período de 1 a 42 dias de idade. A suplementação de betaína não afetou a qualidade física da carne de codorna. No entanto, a análise econômica dos tratamentos demonstrou uma redução no preço por quilograma de ração e melhor eficiência econômica com dietas suplementadas com betaína. Em conclusão, a betaína em substituição parcial à exigência de metionina + cistina em codornas europeias é economicamente viável e não afeta o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade física da carne.

**Palavras-Chave:** Betaína HCl, *Coturnix coturnix coturnix*, custo, qualidade de carne.

**Economic viability of the partial replacement of methionine by betaine in the diet of European quails and its effect on productive performance, carcass yield and physical quality of meat**

**ABSTRACT** - Although quail production is an expanding activity with considerable profitability, costs with feed production has stimulated the search for alternatives that can substitute conventional ingredients and reduce production costs. This study aimed to evaluate the economic viability of the partial replacement of methionine + cystine by betaine on productive performance, carcass yield and physical quality of European quail meat from 18 1 to 42 days of age. A total of 920 European quails, males and females, were used from 1 to 42 days of age. Birds were distributed in a completely randomized design of four treatments with 10 repetitions and 23 birds per experimental unit. Each treatment consisted of an experimental feed. In treatment 1 (T1), birds received a control feed, which was based in corn and soybean meal without any betaine supplementation and fulfilling nutritional requirements. In treatment 2 (T2), feed was formulated with a 5% reduction in methionine + cystine requirement values without betaine supplementation. In treatment 3 (T3), birds were fed with 5% reduction in methionine + cystine requirement values and supplemented with betaine. Treatment 4 (T4) consisted of a feed with 10% reduction in methionine + cystine requirement values with betaine supplementation. Analyses of variables revealed a significant effect ( $P<0.05$ ) of treatments on weight gain of quails from 1 to 21 days of age. At 42 days of age, significant effects ( $P<0.05$ ) of betaine supplementation on slaughter weight, eviscerated weight and weight of thigh + drumstick were observed. Treatments did not influence feed intake and feed conversion in the period of 1 to 42 days of age. Betaine supplementation did not affect physical quality of quail meat. However, economic analysis of treatments demonstrated a reduction in price per kilogram of feed and better economic efficiency with betaine supplemented diets. In conclusion, betaine in partial substitution to methionine + cystine requirement in European quails is economically viable and does not affect productive performance, carcass yield and physical quality of meat.

**Keywords:** HCl Betaine, *Coturnix coturnix coturnix*, meat quality.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de codornas, assim como outras atividades agropecuárias, visa à produção de proteína de origem animal com o menor custo final. Entre os fatores que mais onera os custos de produção, a alimentação pode representar mais de 70% dos custos totais (FREITAS et al., 2006). Esse aumento fica evidente quando consideramos os preços de ingredientes essenciais nas rações de aves, como os aminoácidos sintéticos, em especial os sulfurados como metionina (RODRIGUES et al., 1996).

Por ser o primeiro aminoácido limitante para o crescimento das aves, o uso da metionina é indispensável, sendo utilizada para inúmeras funções metabólicas, como constituintes primários dos tecidos estruturais e de proteção no que se refere à produção de anticorpos (LEANDRO et al., 2007).

Pesquisas tem revelado o uso da betaína como um poupador de metionina, doando grupos metil para as reações do organismo e auxiliando no desempenho animal (SUN et al., 2008; XING E JIANG, 2012; HE et al., 2015). A betaína, termo comum para trimetilglicina, é um derivado do aminoácido glicina, encontrado em uma variedade de alimentos de origem vegetal e animal (JAHANIAN E RAHMANI, 2008; FU et al., 2016).

Esse composto tem sido amplamente utilizado em dietas para aves devido seus efeitos como poupador de metionina, redutor do conteúdo de gordura abdominal e por minimizar o impacto causado por estresse térmico e coccidiose (KETTUNEN et al., 2001; JAHANIAN E RAHMANI, 2008). Além de ser um poupador de metionina, a betaína também melhora a digestibilidade de nutrientes específicos, como metionina, proteína e gordura bruta (EKLUND et al., 2005), proporcionando melhor peso ao abate, rendimento de carcaça (NEOH E NG, 2012) e aumento da porcentagem de peito (JAHANIAN E RAHMANI, 2008).

Além do desempenho produtivo dos animais, é preciso avaliar a viabilidade econômica do uso da betaína nas rações. A análise econômica dos resultados experimentais é extremamente importante, pois os produtores e especialistas passam a dispor melhor de critérios para sua utilização nas rações das aves, o que torna possível o uso prudente e econômico (SILVA et al., 2009).

Na literatura encontram-se resultados satisfatórios do uso da betaína em substituição a metionina na dieta de frangos de corte, porém, nenhum estudo foi realizado quanto ao uso da betaína na alimentação de codornas europeias e seus efeitos sobre o desempenho. Assim, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da substituição parcial

da metionina + cistina pela betaína sobre o desempenho produtivo, o rendimento da carcaça e a qualidade física da carne de codorna europeia de 1 a 42 dias de idade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Ética em pesquisa

O procedimento experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (CEUA\_UFERSA 2309/008595/2016-64).

### 2.2 Local e instalações

O estudo foi conduzido no Setor de Avicultura da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Os animais foram alojados em galpão experimental, com cobertura de telha francesa, piso de concreto, tela de arame e cortinas nas laterais. Nas duas primeiras semanas de alojamento, as cortinas permaneceram fechadas para evitar ventos diretos sobre as aves, sendo que, parte das cortinas eram abertas nas horas mais quentes do dia para renovação do ar dentro do galpão. O galpão foi dividido em 40 boxes de 1,0 m<sup>2</sup>, contendo cama do tipo maravalha de partículas médias, distribuída uniformemente em todos os boxes. Cada box continha uma lâmpada de aquecimento à  $\pm$  0,70 m de altura, sendo a altura ajustada de acordo com o comportamento das aves dentro do box.

Nos primeiros dias, foram utilizados comedouros do tipo bandeja e bebedouros tipo copo de pressão com capacidade para 5 litros, os quais foram substituídos gradativamente por comedouros tubulares com capacidade para 5,0 Kg de ração e bebedouros pendulares. Diariamente, os comedouros e bebedouros eram limpos e a altura ajustada para que todas as aves tivessem acesso a ração e água.

Durante o período experimental, a temperatura do ar e umidade relativa do ar foram monitoradas 24 horas/dia dentro do galpão, por meio de termohigrômetro com data *logger* e apresentaram valores médios de 29,6°C e 65,6%, respectivamente.

### 2.3 Animais e tratamentos

Um total de 920 codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*), machos e fêmeas, foram alojadas no período experimental de 1 a 42 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos, com 10 repetições cada e 23 aves por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram de rações experimentais a base de milho e farelo de soja, sendo o tratamento 1 a ração controle, atendendo as exigências nutricionais das aves, sem inclusão de betaína; tratamento 2, controle negativo, ou seja, ração com redução de 5% da exigência de metionina + cistina sem inclusão de betaína; tratamento 3, ração com substituição de 5% da exigência de metionina + cistina pela betaína e tratamento 4, ração com substituição de 10% da exigência de metionina + cistina pela betaína.

As rações foram formuladas com base nas exigências nutricionais de codornas de corte, em duas fases de criação: fase inicial (1 a 21 dias de idade) e fase de crescimento (22 a 42 dias de idade), conforme recomendações de Silva e Costa (2009) (Tabelas 1 e 2). As composições dos ingredientes das rações foram consideradas conforme descrito por Rostagno et al. (2011).

Para suplementação, utilizou-se o produto Betaine HCl 95% (Btech Tecnologias Agropecuárias e Comércio Ltda.), considerando na sua composição 72% de betaína. A substituição de metionina (DL-Metionina) por betaína (Betaine HCl 95%) tiveram como base os níveis de 5% e 10% da redução de metionina+cistina digestível da ração. A redução de 5% e 10% em relação a exigência resultou em 0,99% e 0,94% de metionina+cistina digestível, respectivamente, para o período de 1 a 21 dias, e 0,76% e 0,72% para o período de 22 a 42 dias.

A substituição foi realizada levando em consideração a relação entre os ingredientes DL-metionina 99% e Betaína HCl 95%. Dessa forma, a quantidade de DL-metionina reduzida em cada ração, foi dividida pela quantidade de Betaína HCl 95% até obter a relação de 1,03.

Tabela 1. Rações experimentais para codornas europeias de 1 a 21 dias de idade

Ingredientes (kg)	Rações Experimentais			
	Sem Betaína		Com Betaína	
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>
Farelo de Soja	47,52	47,51	47,51	47,51
Milho moído	44,56	44,60	44,60	44,64
Betaína HCl	0,00	0,00	0,05	0,097

Calcário Calcítico	1,25	1,25	1,25	1,25
Fosfato Bicálcico	1,02	1,02	1,02	1,02
Óleo de soja	3,43	3,44	3,44	3,45
Sal Iodado	0,38	0,38	0,38	0,38
Premix Min+Vit*	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,38	0,33	0,33	0,28
L-Lisina-HCl	0,08	0,08	0,08	0,08
Salinomicina	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte**	1,17	1,18	1,13	1,07
<b>Nutrientes (%)</b>				
Matéria Seca	87,20	87,20	87,20	87,30
Proteína Bruta	25,00	25,00	25,00	25,00
Lisina digestível	1,37	1,37	1,37	1,37
Met + Cistina digestível	1,04	0,99	0,99	0,94
Betaína	0,00	0,00	0,036	0,070
Fibra Bruta	3,30	3,30	3,30	3,30
Matéria Mineral	3,38	3,38	3,38	3,38
Cálcio	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo disponível	0,32	0,32	0,32	0,32
Extrato Etéreo	5,83	5,84	5,84	5,86
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

\* níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 10.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 30.000 UI, vitamina K 3,0 g, tiamina 2,0 g, riboflavina 2,0 g, piridoxina 6,0 g, cobalamina 1,5 g, ácido pantotênico 12 g, ácido fólico 1,0 g, biotina 1,0 g, niacina 50g., 20 g, ferro 100 g, selênio 0,25 g, iodo 2,0 g, manganês 160 g, zinco 100 g, veículo q.s.p.

\*\*Inerte: Areia lavada.

Tabela 2. Rações experimentais para codornas europeias de 22 a 42 dias de idade

Ingredientes (kg)	Rações Experimentais			
	Sem Betaína		Com Betaína	
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>
Farelo de Soja	39,49	39,49	39,49	39,49
Milho moído	52,59	52,59	52,59	52,59
Betaína HCl	0,00	0,00	0,044	0,087
Calcário Calcítico	1,03	1,03	1,03	1,03
Fosfato Bicálcico	0,82	0,82	0,82	0,82
Óleo	4,23	4,26	4,26	4,28
Sal Iodado	0,38	0,38	0,38	0,38
Premix Min+Vit*	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,210	0,165	0,165	0,120
Salinomicina	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte**	1,04	1,06	1,01	0,99
<b>Nutrientes (%)</b>				
Matéria Seca	87,50	87,50	87,50	87,60

Proteína Bruta	22,00	22,00	22,00	22,00
Lisina digestível	1,02	1,02	1,02	1,02
Met + Cistina digestível	0,80	0,76	0,76	0,72
Betaína	0,00	0,00	0,032	0,063
Fibra Bruta	3,00	3,00	3,00	3,00
Matéria Mineral	3,01	3,01	3,01	3,01
Cálcio	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo disponível	0,27	0,27	0,27	0,27
Extrato Etéreo	6,83	6,85	6,83	6,88
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050,00	3050,00	3050,00	3050,00

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

\* níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 10.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 30.000 UI, vitamina K 3,0 g, tiamina 2,0 g, riboflavina 2,0 g, piridoxina 6,0 g, cobalamina 1,5 g, ácido pantotênico 12 g, ácido fólico 1,0 g, biotina 1,0 g, niacina 50g., 20 g, ferro 100 g, selênio 0,25 g, iodo 2,0 g, manganês 160 g, zinco 100 g, veículo q.s.p.

\*\*Inerte: Areia lavada.

## 2.4 Desempenho produtivo

Os dados de desempenho produtivo das codornas foram determinados de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. Semanalmente, as aves, a ração fornecida e as sobras das rações foram pesadas para determinação do ganho de peso diário (GPD), consumo de ração e conversão alimentar (CA). O ganho de peso diário (g/ave/dia) foi calculado pela subtração do peso final, aos 42 dias, menos o peso inicial do lote com 1 dia de idade, posteriormente, dividindo-se o peso médio do lote pela sua idade, em dias. O consumo de ração (g/ave/dia) foi calculado pela diferença entre a ração fornecida e as sobras da ração, dividindo-se pela quantidade de dias do período. A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração diário pelo ganho de peso diário.

Diariamente, foi registrada a mortalidade das aves para correção do consumo de ração de cada unidade experimental e calcular a taxa de mortalidade (%). As aves receberam água à vontade e as rações foram pesadas para controle do consumo e fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

## 2.5 Rendimento de carcaça, peso de corte nobre

Aos 42 dias de idade, três aves de cada unidade experimental foram selecionadas, de acordo com a média de peso da unidade experimental, para serem abatidas e avaliados o rendimento de carcaça, peso de peito e coxa + sobrecoxa.

Para o abate, as aves selecionadas foram identificadas com anilha na perna, contendo tratamento e repetição. Em seguida, as aves foram levadas em caixas de transporte para o Laboratório de Estudos em Imunologia e Animais Silvestres da UFERSA, onde foram submetidas à anestesia dissociativa à base de quetamina e xilazina, via intramuscular, seguida de eutanásia por compressão no bulbo e exsanguinação. Posteriormente, as carcaças passaram por escaldagem, em temperatura controlada de 53 a 55°C por 20 a 30 segundos, para serem depenadas. As carcaças foram, então, evisceradas, retirados os pés e a cabeça, e pesadas. As carcaças foram acondicionadas em um freezer, pré-resfriadas a 16 °C por 25 minutos e, posteriormente, resfriadas a 2°C.

O cálculo do rendimento de carcaça quente foi realizado conforme descrito por Pinheiro et al. (2015):

$$\text{Rendimento de carcaça quente (\%)} = \frac{\text{Peso da carcaça quente} \times 100}{\text{Peso vivo médio}}$$

## 2.6 Análise física da carne de codornas

As análises físicas da carne foram realizadas no Laboratório de Análises Instrumentais e Sensoriais (LANIS) da UFERSA. As variáveis analisadas foram: potencial hidrogeniônico, capacidade de retenção de água, cor e luminosidade, perda de peso por cozimento e maciez objetiva, conforme descritas por Ramos e Gomide (2007).

O pH foi determinado utilizando-se um eletrodo de penetração (HI99163, HANNA® Instruments, Brasil) inserido diretamente no músculo, sendo obtida uma média de três leituras.

A capacidade de retenção de água foi determinada baseada na medição da água liberada quando aplicada pressão sobre o tecido muscular. Para isso, foi pesado 0,5 grama de carne disposto entre dois papéis absorventes e estes colocados entre duas placas de vidro, sendo aplicado o peso de 5 kg por 5 minutos. Após a pressão, as amostras foram pesadas e, por diferença de peso, realizado o cálculo da quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial.

A cor das amostras de filé de peito foi determinada por uso de colorímetro (CM-600d, Konica Minolta Sensing Americas, EUA), operando no sistema CIELAB, sendo avaliados os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (teor de vermelho) e b\* (teor de amarelo) medidos em três diferentes pontos.

Para as análises de perda de peso por cocção, amostras de filés de peito foram pesadas e embaladas em papel laminado, sendo cozidas em uma chapa metálica de dupla face, com aquecimento em ambas as faces, pré-aquecida e regulada para 150°C, permanecendo por 8 minutos de cozimento. Posteriormente, as amostras foram retiradas do papel metalizado, resfriadas e pesadas para determinar a perda de peso por cozimento.

Para avaliação da maciez objetiva (força de cisalhamento), foi utilizado texturômetro (TA.XT *plus*, Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado com lâmina de corte em forma de V (TA-7/Warner Bratzler, Texture Technologies, EUA). O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg. As amostras utilizadas foram as mesmas da determinação da perda de peso por cozimento, retirando-se uma amostra por filé de peito na forma de paralelepípedos com 1,0 × 1,0 × 2,0 cm (altura, largura e comprimento), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina, conforme metodologia de Ramos e Gomide (2007).

## 2.7 Análise econômica

Os preços dos ingredientes e a composição percentual das rações foram considerados para a comparação das dietas experimentais contendo Betaína HCl 95% em substituição parcial a DL-Metionina em relação a dieta controle. Para verificar a viabilidade econômica da inclusão da Betaína HCl 95% na ração, utilizou-se a equação apresentada por Furlan et al. (2001), na qual determinou-se inicialmente o custo da ração por quilograma de peso vivo.

$$Y_i = P_i \times Q_i / G_i$$

onde  $Y_i$  é o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho no  $i$ -ésimo tratamento;  $P_i$  é o preço por quilograma da ração utilizada no  $i$ -ésimo tratamento;  $Q_i$  é a quantidade de ração consumida no  $i$ -ésimo tratamento; e  $G_i$  é o ganho de peso do  $i$ -ésimo tratamento.

Foram calculados o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), pelas seguintes equações:

$$IEE = (M_{Cei} / C_{Tei}) \times 100; IC = (C_{Tei} / M_{Cei}) \times 100$$

onde  $M_{Cei}$  é o menor custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, observado entre os tratamentos e  $C_{Tei}$  é o custo do tratamento considerado.

O preço da Betaína HCl (R\$ 6,30 / kg) foi repassado pela empresa fornecedora do ingrediente para a pesquisa. Os demais ingredientes foram obtidos por análise de faturas disponibilizadas pelos fornecedores de matérias-primas para a Fábrica de ração da

Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Os preços foram os seguintes: R\$ 0,90 / kg de milho, R\$ 2,20 / kg de farelo de soja, R\$ 2,87 / L de óleo de soja, R\$ 5,60 / kg de fosfato bicálcico, R\$ 0,60 / kg de calcário calcítico, R\$ 0,60 / kg de sal iodado, R\$ 36,00 / kg de L-lisina, R\$ 35,57 / kg de DL-metionina, R\$ 10,94 / kg pré-mistura mineral, R\$ 27,00 / Kg de pré-mistura de vitaminas, R\$ 18,90 / kg de coccidiostático. O preço médio de mercado por quilograma da carne de codorna utilizado para a análise econômica foi de R\$ 15,00.

Os indicadores de custos e receitas e as medidas de resultados econômicos tais como: Receita total (RT); Receita adicional (RA); custo total da alimentação (CTA); Custo adicional (CA); Lucro adicional (LA); Preço de equilíbrio (PE) e Índice de rentabilidade (IR), foram calculados de acordo com Deleo (2007) e Lima et al. (2011), adaptados por Silva (2013), onde:  $RT$  (R\$/animal) = preço do quilograma de carcaça multiplicado pelo rendimento de carcaça em quilo por animal.  $RA$  (R\$/animal) = diferença entre a RT obtida em cada tratamento e a RT obtido no tratamento controle.  $CTA$  (R\$/animal) = custo total da alimentação em cada tratamento, equivale ao preço da ração multiplicado pela quantidade consumida em cada tratamento.  $CA$  (R\$/animal) = diferença entre o custo total da alimentação obtido em cada tratamento e o custo total verificado no tratamento controle.  $LA$  (R\$/animal) = diferença entre o valor da receita adicional (RA) e o valor do acréscimo ao gasto com alimentação (CA).  $PE$  (R\$/Kg) = relação entre o CTA e o peso da carcaça fria por animal. Representa o preço mínimo do kg da carcaça que cobre os custos totais com alimentação.  $IR$  (R\$) = relação entre a  $RT/CTA$ , indica quanto cada real de custo com alimentação gera em termos de RT.

## 2.7 Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade física da carne de codorna foram submetidos à análise de variância pelo software Statistica, versão 7 (Statsoft, 2004) e a comparação das médias foi realizada por meio de teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Desempenho produtivo

Nos períodos, de 1 a 21 e de 22 a 42 dias não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para consumo de ração e conversão alimentar dos animais entre os tratamentos. No entanto, os tratamentos diferiram para a variável ganho de peso ( $P<0,05$ ) apenas no período de 1 a 21 dias de idade (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar de codornas europeias, nos períodos de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

Período	TRATAMENTOS				CV %
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	
<b>Consumo de Ração (g/ave/dia)</b>					
1 a 21	13,02	13,25	12,51	12,17	8,64
22 a 42	24,31	24,33	23,85	23,91	
<b>Ganho de peso diário (g/ave/dia)</b>					
1 a 21	6,47b	6,92a	6,83 <sup>a</sup>	6,70a	4,79
22 a 42	5,26	5,21	5,01	5,35	
<b>Conversão Alimentar</b>					
1 a 21	2,01	1,91	1,83	1,81	8,33
22 a 42	4,63	4,68	4,77	4,47	

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados de consumo de ração encontrados neste trabalho estão de acordo com Akhavan-Salamat e Ghasemi (2015), os quais não observaram, aos 21 dias, diferença no consumo de ração de frangos de corte suplementados com betaína. Da mesma forma, Sun et al. (2008) não observaram efeito significativo no consumo de ração de frangos de corte, à mesma idade, alimentados com rações com deficiência de até 25% em metionina e suplementados com 600 mg/Kg de betaína. No entanto, esses autores observaram que durante a fase de crescimento, 22 a 42 dias de idade, os animais suplementados com betaína tiveram menor consumo de ração comparados com os que receberam ração controle. No presente estudo, não se observou efeito dos tratamentos para o consumo de ração durante todo o período experimental.

Quanto ao ganho de peso, até os 21 dias de idade, observou-se que os tratamentos com redução da quantidade de metionina + cistina, com e sem suplementação de betaína, apresentaram ganho de peso superior aos animais que receberam ração controle.

Observou-se que mesmo no tratamento de controle negativo, a quantidade de metionina foi suficiente para melhorar o ganho de peso (de 1 a 21 dias de idade) comparado ao tratamento controle. Tal fato pode ser atribuído a uma possível superestimação do valor de metionina + cistina encontrado na literatura para codornas europeias. De acordo com Griep Júnior et al. (2017), existe controvérsia sobre as recomendações para codornas, principalmente no que diz respeito aos níveis de inclusão de aminoácidos, teor de proteína bruta, fases de crescimento e capacidade de produção das aves. Dessa maneira, destaca-se a importância da realização de novos estudos para determinação das exigências nutricionais dessa espécie.

Em estudo, Alirezai et al. (2012) observaram que frangos de corte alimentados com dieta com 10% deficiente em metionina e suplementados com betaína atingiram maior ganho de peso, comparado aos animais consumindo ração com níveis normais de metionina sem suplementação de betaína. Estes resultados são corroborados por Sun et al. (2008), os quais destacaram que a betaína, por ser doador de grupos metílicos, pode compensar a deficiência dietética de metionina, levando a uma resposta de crescimento equivalente.

Embora nenhum efeito significativo ( $P>0,05$ ) tenha sido observado para conversão alimentar, de acordo com Akhavan-Salamat e Ghasemi (2015) destacaram que a suplementação de betaína pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes, uma vez que estudos comprovam que a betaína melhora as características estruturais e funcionais do epitélio intestinal, o que resulta em melhorias na capacidade digestiva-absortiva dos nutrientes (Sakomura et al., 2013; Amerah e Ravindran, 2015).

### 3.2 Rendimento de carcaça, peso de corte nobre

O peso ao abate, o peso da carcaça eviscerada e o peso da coxa + sobrecoxa sofreram efeito significativo ( $P<0,05$ ) dos tratamentos. No entanto, não se obteve efeito significativo ( $P>0,05$ ) para rendimento de carcaça e peso de peito (Tabela 4).

Tabela 4. Rendimento de carcaça e peso de cortes nobres de codornas europeias, aos 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

Variáveis (g)	TRATAMENTOS				
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	CV %
Peso vivo	240,84b	253,22a	252,46 <sup>a</sup>	260,64a	6,44
Carcaça eviscerada	187,40b	196,69a	197,52 <sup>a</sup>	201,16a	6,76
Rendimento de carcaça (%)	77,79	77,67	78,27	77,16	2,40
Coxa+sobrecoxa	40,39b	41,82ab	43,65a	43,07 <sup>a</sup>	8,51
Peito	69,51	71,69	72,24	73,98	9,15

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os pesos vivo e de carcaça eviscerada foram significativamente superiores em todos os tratamentos quando comparados ao tratamento controle. O peso vivo e a carcaça eviscerada no tratamento 4 foram de 8,22% e 7,34%, respectivamente, superiores em relação ao tratamento controle. Awad et al. (2014) avaliaram a suplementação de betaína na ração de patos e constataram que a suplementação com betaína (1,5 g/kg) resultou numa melhoria (14,07%) significativa do peso corporal final em comparação com o tratamento controle.

Para coxa+sobrecoxa observou-se efeito significativo, onde os tratamentos com suplementação de betaína apresentaram valores superiores quando comparados ao tratamento controle. No entanto, os tratamentos com betaína não diferiram do tratamento com redução de metionina + cistina sem suplementação de betaína. Segundo Zhan et al. (2006), o aumento do peso em cortes pode estar associado à habilidade do doador de metila que a betaína apresenta, o que pouparia a metionina dessa função e aumentaria seu uso na síntese proteica.

Não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para o rendimento de carcaça. Esses resultados também foram observados por Singh et al. (2015), ao avaliarem dietas com redução de metionina e inclusão de betaína para frangos de corte aos 38 dias de idade. Contudo, Awad et al. (2014) observaram melhor rendimento de carcaça de patos aos 84 dias de idade com suplementação de 1,5 g/kg de betaína na

dieta. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada ao maior nível de inclusão de betaína na dieta no estudo de Awad et al. (2014) em comparação com este estudo.

Não houve diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para peso do peito. Esses resultados diferiram daqueles encontrados por Awad et al. (2014), que observaram maior rendimento de peito em patos suplementados com betaína aos 84 dias de idade. Em estudo com frangos de corte, Rama Rao et al. (2011) concluíram que a suplementação de betaína (800 mg/kg da dieta) foi eficaz na melhoria do crescimento na fase inicial, da conversão alimentar e rendimento de peito das aves.

### 3.3 Análise física da carne

Observou-se que não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos tratamentos sobre as características de qualidade física da carne de codornas (Tabela 5).

Tabela 5. Qualidade física da carne de codornas europeias, aos 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

Variáveis	TRATAMENTOS				
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	CV%
L*	55,30	57,86	55,83	54,82	9,00
a*	9,96	7,12	12,74	11,02	36,14
b*	16,98	15,14	20,08	20,71	21,51
CRA %	63,66	68,94	55,78	65,33	20,37
PPC %	23,89	26,47	27,15	24,09	19,00
FC %	1,42	1,45	1,51	1,56	30,62
pH %	6,52	6,41	6,34	6,29	2,19

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina. CRA: Capacidade de retenção de água; PPC: Perda de peso na cocção; FC: Força de cisalhamento.

O uso de betaína em rações não interferiu na qualidade física da carne de codornas europeias. Segundo Rodrigues et al. (2008), existe uma estreita relação entre aceitação do produto pelos consumidores e parâmetros físicos, como pH, maciez, capacidade de retenção de água, cor e características sensoriais. No entanto, o único estudo que demonstra os efeitos da betaína sobre a qualidade física da carne foi o de Downing et al.

(2017) que avaliaram a suplementação de betaína e eletrólitos na água de frangos de corte, fornecidos por dois dias antes do abate, e concluíram que não houve alteração na qualidade da carne.

### 3.4 Análise econômica

Para análise econômica (Tabela 6) levou-se em consideração apenas os custos das dietas por animal. Os custos com alimentação foram os únicos que apresentaram variação, os demais custos de produção foram considerados iguais para todos os tratamentos. Dessa forma, os custos com alimentação juntamente com a receita bruta constituíram a base para análise econômica.

Tabela 6. Análise econômica das rações experimentais contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

Variáveis	TRATAMENTOS			
	Sem Betaína		Com Betaína	
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>
Consumo total de ração (kg)	119,27	127,55	120,81	119,84
Preço da ração (R\$/kg)	1,724	1,708	1,711	1,697
Custo total (R\$)	205,15	218,10	206,59	203,72
Preço da carne (R\$/kg)	15,00	15,00	15,00	15,00
Peso da carcaça (kg)	0,187	0,197	0,198	0,201
Receita total (R\$)	646,54	678,58	681,45	693,99
Receita adicional (R\$/ave)	0,00	32,05	34,91	47,45
Custo adicional (R\$/ave)	0,00	12,96	1,44	-1,43
Lucro adicional (R\$)	0,00	19,09	33,48	48,88
Ponto de Equilíbrio (R\$)	4,76	4,82	4,55	4,40
Índice de rentabilidade (R\$)	3,15	3,11	3,30	3,41
Índice de custo	103	106	103	100
Índice de Eficiência Econômica	0,97	0,94	0,97	1

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

A análise econômica mostrou diferença de preços entre as dietas. O tratamento controle teve o maior preço de ração quando comparado aos demais tratamentos. O Tratamento 4 apresentou maior peso de carcaça (0,201 g) e valores de produção

ligeiramente superiores quando observados os preços das rações por quilo de peso vivo ( $Y_i$ ). Os valores encontrados para  $Y_i$  (R\$ / Kg) foram de 3,37, 3,47, 3,48 e 3,58 para T4, T3, T1 e T2, respectivamente.

O tratamento 4 obteve o menor custo total com alimentação quando comparado aos demais tratamentos. O custo total com alimentação nos tratamentos 2 e 3 foram maiores quando comparados ao tratamento controle. Aumentos decorrentes do maior consumo total de ração nos tratamentos 2 e 3 durante o experimento.

O cálculo da análise econômica da substituição parcial de DL-metionina pela betaína na ração de codornas indicou que o maior nível de substituição, tratamento 4, apresentou maior receita total, seguido pelos tratamentos 3 e 2. O tratamento 4 gerou um aumento de 7,34% na receita total, comparado ao tratamento controle.

Ao comparar o lucro adicional das dietas experimentais em relação a dieta controle, pode-se observar que o tratamento 4 obteve maior lucro adicional (48,88 reais). Embora os tratamentos 3 e 2 tenham apresentado maiores custos totais com ração, obtiveram lucros superiores ao tratamento controle (33,48 e 19,09 reais, respectivamente). A melhoria no lucro nos tratamentos comparados ao tratamento controle está relacionada ao aumento do peso da carcaça, com consequente aumento na receita total.

O ponto de equilíbrio foi menor no tratamento 4 (R\$ 4,40), seguido pelos tratamentos 3, 1 e 2 (4,55, 4,76 e 4,82, respectivamente). O índice de rentabilidade (IR) indica o retorno obtido em cada real gasto com o quilo da ração consumida pelas codornas. O IR para o tratamento 4, contendo 10% de substituição da exigência de metionina por betaína foi de R\$ 3,41, sendo superior às demais rações. O tratamento controle obteve índice de rentabilidade de R\$ 3,15, superior ao tratamento 2, que obteve valor de R\$ 3,11. Mostrando menor rentabilidade quando há redução da exigência de metionina, sem a devida suplementação de betaína.

Observou-se melhor índice de eficiência econômica para o tratamento 4, quando comparado aos demais tratamentos. Da mesma forma, Awad et al. (2014), em estudo com a inclusão de diferentes níveis de betaína na alimentação de patos, observaram que o maior nível de inclusão, de 1,5 g/kg de ração, proporcionou melhor eficiência econômica. El-Husseiny et al. (2007), constataram melhor desempenho produtivo e eficiência econômica para frangos de corte alimentados com ração contendo níveis de suplementação de betaína e baixo teor de metionina, comparados aos animais alimentados com a dieta contendo nível de metionina recomendado. A melhoria na eficiência

econômica é atribuída ao aumento de peso corporal e à conversão alimentar, obtidos em resposta à suplementação de betaína.

#### 4. CONCLUSÃO

A betaína pode substituir parcialmente a metionina + cistina na ração de codornas europeias sem prejudicar o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e qualidade física da carne. Considerando-se a análise econômica, o nível de 10% de substituição da exigência de metionina + cistina pela betaína proporciona melhor índice de rentabilidade e maior índice de eficiência econômica.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L.R.A.; BOARI, C.A.; PIRES, A.V.; PINHEIRO, S.R.F.; OLIVEIRA, R.G.; OLIVEIRA, K.M.; GONÇALVES, F.M.; OLIVEIRA, F.R. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, p.131-140, 2014.

AKHAVAN-SALAMAT, H.; GHASEMI, H.A. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. **Tropical Animal Health Production**, v.48, p.181-188, 2015.

ALIREZAEI, M.; REZA GHEISARI, H.; REZA RANJBAR, V.; HAJIBEMANI, A. Betaine: a promising antioxidant agent for enhancement of broiler meat quality. **British Poultry Science**, v.53, p.699-707, 2012.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V. Effect of coccidia challenge and natural betaine supplementation on performance, nutrient utilization, and intestinal lesion scores of broiler chickens fed suboptimal level of dietary methionine. **Poultry Science**, v.94, p.673-680, 2015.

AWAD, A.L.; IBRAHIM, A.F.; FAHIM, H.N.; BESHARA, M.M. Effect of dietary betaine supplementation on growth performance and carcass traits of domyati ducklings under summer conditions. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.34, p.1019-1038, 2014.

CHAND, N.; NAZ, S.; MARIS, H.; KHAN, R.U.; KHAN, S.; QURESHI, M.S. Effect of Betaine Supplementation on the Performance and Immune Response of Heat Stressed Broilers. **Pakistan Journal Zoology**, v.49, p.1857-1862, 2017.

DELEO, J.P.B. Se eu calcular todos os custos, desisto da roça. **Brasil Hortifruit**, v.56, n.5, p.6-13, 2007.

DOWNING, J.A.; KERR, M.J.; HOPKINS, D.L. The effects of pre-transport supplementation with electrolytes and betaine on performance, carcass yield and meat quality of broilers in summer and winter. **Livestock Science**, v.205, p.16-23, 2017.

EKLUND, M.; BAUER, E.; WAMATU, J.; MOSENTHIN, R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition Research Reviews**, v.18, p.31–48, 2005.

EL-HUSSEINY, O.M.; ABO-EL-ELLA, M.A.; ABD-ELSAMEE, M.O.; ABD-ELFATTAH, M.M. Response of broilers performance to dietary betaine and folic acid at different methionine levels. **International Journal of Poultry Science**, v.6, p.515-523, 2007.

EI-SHINNAWY, A.M. Effect of betaine supplementation to methionine adequate diet on growth performance, carcass characteristics, some blood parameters and economic efficiency of broilers. **Journal of Animal and Poultry Production**, v.6, p.27-41, 2015.

FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; OLIVEIRA, B.C.M.; ESPÍNDOLA, G.B. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na ração para codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 2006.

FU, Q.; LENG, Z.X.; DING, L.R.; WANG, T.; WEN, C.; ZHOU, Y.M. Complete replacement of supplemental dl-methionine by betaine affects meat quality and amino acid contents in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.212, p.63–69, 2016.

FURLAN, A.C.; MANTOVANI, C.; MURAKAMI, A.E. et al. Utilização do farelo de girassol na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.174-175, 2001.

GRIEP JÚNIOR, D.N.; PEREIRA, A.A.; LIMA JÚNIOR, D.M.; ALCANTARA, R.S.; SILVA, W.A.; MORAES, S.S.; ALMEIDA, V.V.S. Evaluation of nutritional plans for meat quail. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, p.821-830, 2017.

HE, S.; ZHAO, S.; DAI, S.; LIU, D.; BOKHARI, S.G. Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress. **Animal Science Journal**, v.86, p.897-903, 2015.

JAHANIAN, R.; RAHMANI, H.R. The effect of dietary fat level on the response of broiler chicks to betaine and choline supplement. **The Journal of Biological Science**, v.8, p.362-367, 2008.

KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; TIIHONEN, K. Betaine aids in the osmoregulation of duodenal epithelium of broiler chicks, and affects the movement of water across the small intestinal epithelium in vitro. **Comparative Biochemistry and Physiology – Part A**, v.129, p.595-603, 2001.

LEANDRO, N.S.M.; CUNHA, W.C.P.; CAFÉ, M.B.; STRINGHINI, J.H.; GONZÁLES, E.; FILHO, R.M.J. Desempenho de frangos com diferentes pesos iniciais alimentados com ração pré-inicial suplementada com metionina. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.373-383, 2007.

LIMA, R.N.; LIMA, P.O.; CÂNDIDO, M.J.D.; PONTES, F.S.T.; MOREIRA, R.H.R.; AQUINO, R.M.S. Avaliação econômica de dietas líquidas à base de soro de queijo in natura para bezerros. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, p.14-21, 2011.

NEOH, S.B.; NG, L.E. Betaine hcl improves carcass yield in broilers. **In: 23rd Annual Australian Poultry Science Symposium**, p.69, 2012.

PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P.; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.9, p.2041-2049, 2012. Disponível em: >[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura_.pdf)<

PINHEIRO, S.R.F., DUMONT, M.A., PIRES, A.V., BOARI, C.A., MIRANDA, J.A., OLIVEIRA, R.G., FERREIRA, C.B. Rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte alimentadas com rações de diferentes níveis de proteína e

suplementadas com aminoácidos essenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, p.292-297, 2015.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; SAHARIA, P.; SUNDER, G.S. Effect of Supplementing Betaine on Performance, Carcass Traits and Immune Responses in Broiler Chicken Fed Diets Containing Different Concentrations of Methionine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.662–669, 2011.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes - Fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV, p.599, 2007.

RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, B.L.; TEIXEIRA, A.S.; OLIVEIRA, A.I.G. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.248-260, 1996.

RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; BRESSAN, M.C.; NAGATA, A.K.; SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L. Qualidade da carne de peito de frangos de corte recebendo rações com diferentes relações lisina digestível: proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1023-1028, 2008.

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

SAKOMURA, N.K.; BARBOSA, N.A.A.; SILVA, E.P.; LONGO, F.A.; KAWAUCHI, I.M.; FERNANDES, J.B.K. Efeito da suplementação de betaína em dietas de frangos de corte em condições de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.336-341, 2013.

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

SILVA, E.P.; RABELLO, C.B.V.; DUTRA JÚNIOR, W.M.; LOUREIRO, R.R.S.; GUIMARÃES, A.A.S.; LIMA, M.B.; ARRUDA, E.M.F.; BARBOSA-LIMA, R. Análise econômica da inclusão dos resíduos de goiaba e tomate na ração de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.774-785, 2009.

SILVA, S.L.G. Análise econômica de alimentos alternativos, para aves isa label no Rio Grande do Norte. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2013.

SINGH, A.K.; GHOSH, T.K.; CRESWELL, D.C.; HALDAR, S. Effects of supplementation of betaine hydrochloride on physiological performances of broilers exposed to thermal stress. **Open Access Animal Physiology**, v.7, p.111-120, 2015.

Stat Soft Inc. (2004) Statistica (data analysis software system) version 7.  
<<http://www.statsoft.com>>

SUN, H.; YANG, W.R.; YANG, Z.B.; WANG, Y.; JIANG, S.Z.; ZHANG, G.G. Effects of Betaine Supplementation to Methionine Deficient Diet on Growth Performance and Carcass Characteristics of Broilers. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v.3, p.78-84, 2008.

XING, J.; JIANG, Y. Effect of dietary betaine supplementation on mRNA level of lipogenesis genes and on promoter CpG methylation of fatty acid synthase (FAS) gene in laying hens. **African Journal of Biotechnology**, v.11, p.6633-6640, 2012.

ZHAN, X.A.; LI, J.X.; XU, Z.R.; ZHAO, R.Q. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers. **British Poultry Science**, V.47, p.576-580, 2006.

## **5. CAPÍTULO 3**

**DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS LINFOIDES, HEMATOLOGIA E  
BIOQUÍMICA SÉRICA DE CODORNAS EUROPEIAS SUPLEMENTADAS  
COM BETAÍNA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL A METIONINA**

## **Desenvolvimento de órgãos linfoides, hematologia e bioquímica sérica de codornas europeias suplementadas com betaína em substituição parcial a metionina**

**RESUMO** – A resposta imune das aves pode ser modulada por vários fatores, incluindo estresse, desafio sanitário e nutrição. Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de betaína em substituição parcial as exigências de metionina, sobre desenvolvimento de órgãos linfoides, parâmetros hematológicos e bioquímica sérica de codornas europeias aos 42 dias de idade. Um total de 920 codornas europeias de um dia de idade, foram distribuídas aleatoriamente nos tratamentos, atribuindo dez repetições com 23 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de rações experimentais, como segue: Tratamento 1, dieta controle a base de milho e farelo de soja sem suplementação de betaína; tratamento 2, ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina sem suplementação de betaína; tratamento 3, ração com redução de 5% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína e tratamento 4, ração com redução de 10% da exigência de metionina+cistina com suplementação de betaína. Não se observou efeito significativo ( $P>0,05$ ) para o peso dos órgãos linfoides e fígado. Na análise hematológica não observou-se influência das diferentes rações sobre as concentrações de hemácias, hematócrito, hemoglobina, VCM, CHCM, monócito, eosinófilo, basófilo, heterofilo, linfócito, relação heterófilo:linfócito, níveis séricos de proteína total, globulina e albumina das codornas aos 42 dias de idade. Conclui-se que a redução dos níveis de metionina+cistina e a suplementação de betaína não afeta o desenvolvimento de órgãos linfoides, parâmetros hematológicos e bioquímicos de codornas europeias aos 42 dias de idade.

**Palavras-Chave:** Betaína HCl, *Coturnix coturnix coturnix*, Resposta imune.

**Development of lymphoid organs, hematology and serum biochemistry of European quails supplemented with betaine in partial substitution to methionine**

**ABSTRACT** - The immune response of birds can be modulated by several factors, including stress, health challenge and nutrition. This study aimed to evaluate the effect of betaine supplementation in partial substitution of methionine requirements on the development of lymphoid organs, hematological parameters and serum biochemistry of European quail at 42 days of age. A total of 920 one-day-old European quails were distributed in a completely randomized design of four treatments with ten repetitions and 23 birds per experimental unit. Each treatment consisted of an experimental feed. In treatment 1, birds received a control feed, which was based in corn and soybean meal without any betaine supplementation. In treatment 2, feed was formulated with a 5% reduction in methionine+cystine requirement values without betaine supplementation. In treatment 3, birds were fed with 5% reduction in methionine+cystine requirement values and supplemented with betaine. Treatment 4 consisted of a feed with 10% reduction in methionine+cystine requirement values with betaine supplementation. There was no significant effect ( $P > 0.05$ ) on the weight of lymphoid organs and liver. In the blood analysis, there was no significant effect of the different rations on the concentrations of red blood cells, hematocrit, hemoglobin, MCV, MCHC, monocyte, eosinophil, basophil, heterophils, lymphocyte, heterophil:lymphocyte, total protein, globulin and albumin at 42 days of age. It was concluded that the reduction of methionine + cystine levels and betaine supplementation did not affect the development of lymphoid organs, hematological and biochemical parameters of European quail at 42 days of age.

**Keywords:** *Coturnix coturnix coturnix*; HCl Betaine; Immune response.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da produção avícola nos últimos anos se deve principalmente pelo desenvolvimento de estudos voltados para as áreas de nutrição, manejo e sanidade dos animais. A nutrição pode ser utilizada como ferramenta para modular o sistema imunológico das aves, a fim de produzir um estado ideal de imunidade, pois as alterações do sistema imunológico necessitam de energia e de vários nutrientes para formação de células e outras substâncias envolvidas no sistema de defesa do organismo (CARDOSO E TESSARI, 2015).

A metionina é um aminoácido essencial, considerado primeiro limitante na alimentação de frangos de corte e poedeiras, que participa de várias funções metabólicas no organismo, principalmente na síntese de proteínas corporais e como doador de grupamentos metil (VELOSO et al., 2015; YANG et al., 2017). Além disso, a adição de metionina em níveis adequados nas rações promove melhor desenvolvimento do sistema imunológico e desempenho produtivo (AK E SOZCU, 2016).

Contudo, estudos vem sendo realizados com a redução e substituição parcial da metionina pela betaína na dieta de aves (YANG et al., 2017; RAMA RAO et al., 2011), mostrando os efeitos positivos da suplementação de betaína sobre o desempenho e resposta imune (CHAND et al., 2017; NOFAL et al., 2015; AWAD et al., 2014). A betaína é um derivado do aminoácido glicina, um composto que ocorre naturalmente, sendo amplamente distribuída em plantas e tecido animal (RATRIYANTO et al., 2009). Participa do ciclo de remetilação, promovendo a conversão de homocisteína a metionina por meio da enzima betaína-homocisteína metiltransferase (BHMT) (ZHAN et al., 2006).

A adição de betaína na ração pode aumentar a produção de células de defesa, melhorando a imunidade humoral e celular dos animais (HASSAN et al., 2011). Essa afirmativa foi comprovada no estudo realizado por Hamidi et al. (2010), onde observaram que em frangos de corte acometidos por coccidiose, a suplementação de betaína na dieta aumentou a produção de imunoglobulinas A (IgA) no soro e tecido intestinal. Em frangos de corte criados sob estresse por calor, a suplementação de betaína diminui a relação heterófilo/linfócito, podendo ser indicada para melhorar a tolerância ao estresse pelo calor e a imunidade humoral desses animais (AKHAVAN-SALAMAT E GHASEMI, 2015).

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de órgãos linfoides, fígado, parâmetros hematológicos (eritrograma e leucograma) e bioquímica sérica de codornas europeias suplementadas com betaína em substituição parcial à exigência de metionina+cistina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Ética em pesquisa

O procedimento experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (CEUA\_UFERSA 2309/008595/2016-64).

### 2.2 Local e instalações

O estudo foi conduzido no Setor de Avicultura da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Os animais foram alojados em galpão experimental, com cobertura de telha francesa, piso de concreto, tela de arame e cortinas nas laterais. Nas duas primeiras semanas de alojamento, as cortinas permaneceram fechadas para evitar ventos diretos sobre as aves, sendo que, parte das cortinas eram abertas nas horas mais quentes do dia para renovação do ar dentro do galpão. O galpão foi dividido em 40 boxes de 1,0 m<sup>2</sup>, contendo cama do tipo maravalha de partículas médias, distribuída uniformemente em todos os boxes. Cada box continha uma lâmpada de aquecimento à  $\pm$  0,70 m de altura, sendo a altura ajustada de acordo com o comportamento das aves dentro do box.

Nos primeiros dias, foram utilizados comedouros do tipo bandeja e bebedouros tipo copo de pressão com capacidade para 5 litros, os quais foram substituídos gradativamente por comedouros tubulares com capacidade para 5,0 Kg de ração e bebedouros pendulares. Diariamente, os comedouros e bebedouros eram limpos e a altura ajustada para que todas as aves tivessem acesso a ração e água.

Durante o período experimental, a temperatura do ar e umidade relativa do ar foram monitoradas 24 horas/dia dentro do galpão, por meio de termohigrômetro com data logger e apresentaram valores médios de 29,6°C e 65,6%, respectivamente.

### 2.3 Animais e tratamentos

Um total de 920 codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*), machos e fêmeas, foram alojadas no período experimental de 1 a 42 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos, com 10 repetições cada e 23 aves por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram de rações experimentais a base de milho e farelo de soja, sendo o tratamento 1 a ração controle, atendendo as exigências nutricionais das aves, sem inclusão de betaína; tratamento 2, controle negativo, ou seja, ração com redução de 5% da exigência de metionina + cistina sem inclusão de betaína; tratamento 3, ração com substituição de 5% da exigência de metionina + cistina pela betaína e tratamento 4, ração com substituição de 10% da exigência de metionina + cistina pela betaína.

As rações foram formuladas com base nas exigências nutricionais de codornas de corte, em duas fases de criação: fase inicial (1 a 21 dias de idade) e fase de crescimento (22 a 42 dias de idade), conforme recomendações de Silva e Costa (2009) (Tabelas 1 e 2). As composições dos ingredientes das rações foram consideradas conforme descrito por Rostagno et al. (2011).

Para suplementação, utilizou-se o produto Betaine HCl 95% (Btech Tecnologias Agropecuárias e Comércio Ltda.), considerando na sua composição 72% de betaína. A substituição de metionina (DL-Metionina) por betaína (Betaine HCl 95%) tiveram como base os níveis de 5% e 10% da redução de metionina+cistina digestível da ração. A redução de 5% e 10% em relação a exigência resultou em 0,99% e 0,94% de metionina+cistina digestível, respectivamente, para o período de 1 a 21 dias, e 0,76% e 0,72% para o período de 22 a 42 dias.

A substituição foi realizada levando em consideração a relação entre os ingredientes DL-metionina 99% e Betaína HCl 95%. Dessa forma, a quantidade de DL-metionina reduzida em cada ração, foi dividida pela quantidade de Betaína HCl 95% até obter a relação de 1,03.

Tabela 1. Rações experimentais para codornas europeias de 1 a 21 dias de idade

Ingredientes (kg)	Rações Experimentais			
	Sem Betaína		Com Betaína	
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>
Farelo de Soja	47,52	47,51	47,51	47,51
Milho	44,56	44,60	44,60	44,64
Betaína	0,00	0,00	0,048	0,097
Calcário Calcítico	1,25	1,25	1,25	1,25
Fosfato Bicálcico	1,02	1,02	1,02	1,02
Óleo	3,43	3,44	3,44	3,45
Sal Iodado	0,38	0,38	0,38	0,38
Premix Min+Vit*	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,38	0,33	0,33	0,28

L-Lisina-HCl	0,08	0,08	0,08	0,08
Salinomicina	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte**	1,17	1,18	1,13	1,07
<b>Nutrientes (%)</b>				
Matéria Seca	87,20	87,20	87,20	87,30
Proteína Bruta	25,00	25,00	25,00	25,00
Lisina digestível	1,37	1,37	1,37	1,37
Met + Cistina digestível	1,04	0,99	0,99	0,94
Betaína	0,00	0,00	0,036	0,070
Fibra Bruta	3,30	3,30	3,30	3,30
Matéria Mineral	3,38	3,38	3,38	3,38
Cálcio	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo disponível	0,32	0,32	0,32	0,32
Extrato Etéreo	5,83	5,84	5,84	5,86
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

\* níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 10.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 30.000 UI, vitamina K 3,0 g, tiamina 2,0 g, riboflavina 2,0 g, piridoxina 6,0 g, cobalamina 1,5 g, ácido pantotênico 12 g, ácido fólico 1,0 g, biotina 1,0 g, niacina 50g., 20 g, ferro 100 g, selênio 0,25 g, iodo 2,0 g, manganês 160 g, zinco 100 g, veículo q.s.p.

\*\*Inerte: Areia lavada.

Tabela 2. Rações experimentais para codornas europeias de 22 a 42 dias de idade

Ingredientes (kg)	Rações Experimentais			
	Sem Betaína		Com Betaína	
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>
Farelo de Soja	39,49	39,49	39,49	39,49
Milho	52,59	52,59	52,59	52,59
Betaína	0,00	0,00	0,044	0,087
Calcário Calcítico	1,03	1,03	1,03	1,03
Fosfato Bicálcico	0,82	0,82	0,82	0,82
Óleo	4,23	4,26	4,26	4,28
Sal Iodado	0,38	0,38	0,38	0,38
Premix Min+Vit*	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,210	0,165	0,165	0,120
L-Lisina-HCl	0,00	0,00	0,00	0,00
Salinomicina	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte**	1,04	1,06	1,01	0,99
<b>Nutrientes (%)</b>				
Matéria Seca	87,50	87,50	87,50	87,60
Proteína Bruta	22,00	22,00	22,00	22,00
Lisina digestível	1,02	1,02	1,02	1,02
Met + Cistina digestível	0,80	0,76	0,76	0,72
Betaína	0,00	0,00	0,032	0,063

Fibra Bruta	3,00	3,00	3,00	3,00
Matéria Mineral	3,01	3,01	3,01	3,01
Cálcio	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo disponível	0,27	0,27	0,27	0,27
Extrato Etéreo	6,83	6,85	6,83	6,88
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050,00	3050,00	3050,00	3050,00

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

\* níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 10.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 30.000 UI, vitamina K 3,0 g, tiamina 2,0 g, riboflavina 2,0 g, piridoxina 6,0 g, cobalamina 1,5 g, ácido pantotênico 12 g, ácido fólico 1,0 g, biotina 1,0 g, niacina 50g., 20 g, ferro 100 g, selênio 0,25 g, iodo 2,0 g, manganês 160 g, zinco 100 g, veículo q.s.p.

\*\*Inerte: Areia lavada.

#### 2.4 Coleta de órgãos linfoides e fígado

Aos 42 dias de idade, seis aves por tratamento foram pesadas e selecionadas de acordo com o peso médio de cada repetição. As aves selecionadas foram identificadas com anilha na perna, contendo tratamento e repetição. Em seguida, as aves foram levadas em caixas de transporte para o Laboratório de Estudos em Imunologia e Animais Silvestres da UFERSA, onde foram pesadas e submetidas à anestesia dissociativa à base de quetamina e xilazina, via intramuscular, em seguida foi realizada a colheita de sangue por meio de punção cardíaca. Posteriormente, as aves foram sacrificadas para coleta dos órgãos linfoides (timo, baço e bolsa cloacal) e fígado. O peso dos órgãos foi obtido em balança analítica (Marte/Shimadzu, modelo Ay-220 – 220g x 0,0001g).

#### 2.5 Parâmetros sanguíneos

Para hematologia foi realizada eritrograma, leucograma e bioquímica sérica. Do volume sanguíneo total colhido (5,0 mL), 1,0 mL foi mantido em tubo com anticoagulante heparina para realização do hemograma, e 4,0 mL em tubo sem anticoagulante para obtenção do soro e realização das análises bioquímicas.

O hemograma foi realizado por técnica manual. A contagem das células foi realizada em câmara de Neubauer e a diluição empregada foi de 10 µL de sangue em 1 mL da solução de Natt e Herrick. A contagem de eritrócitos foi realizada nos cinco quadrantes do retículo central da câmara de Neubauer e multiplicada por 5.000 para se obter a contagem por microlitro de sangue (VILA, 2013).

A leitura de hematócrito foi realizada em tubo capilar pelo método do microhematócrito. Os índices hematimétricos de volume corpuscular médio (VCM) e concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM) foram determinados por meio das fórmulas:  $VCM = \text{hematócrito} \times 10 / \text{valor das hemácias}$  e  $CHCM = \text{hemoglobina} \times 100 / \text{hematócrito}$  (WINTROBE, 1932). Para visualização da morfologia celular e diferenciação de leucócitos em 100 células, foi utilizado o esfregaço sanguíneo corado por panótico rápido.

Para bioquímica sérica foram analisadas a proteína total (PT) e albumina (ALB), as quais foram determinadas com os kits comerciais Proteínas Totais e Albumina (kit VIDA biotecnologia), pelo método do refratômetro (ROSA et al., 2011). A concentração sérica de globulinas foi obtida pela diferença entre a proteína total e albumina.

## 2.6 Análise estatística

Todas as variáveis foram previamente testadas para distribuição normal e variâncias homogêneas. Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre os parâmetros estudados, foi realizada análise de variância e a comparação das médias foi realizada por meio de teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando o software Statistica, versão 7 (Statsoft, 2004).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Peso de órgãos linfoides e fígado

Não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para pesos de timo, bolsa cloacal, baço e fígado (Tabela 3).

Tabela 3. Peso de órgãos linfoides e fígado de codornas europeias, aos 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

	TRATAMENTOS				CV%
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	
Timo (g)	0,31	0,38	0,31	0,36	36,95

Bolsa Cloacal (g)	0,28	0,27	0,27	0,30	40,56
Baço (g)	0,14	0,13	0,13	0,16	41,44
Fígado (g)	5,01	4,72	4,39	4,30	31,73

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

Os resultados desse estudo corroboram aqueles encontrados por Gudev et al. (2011), os quais não observaram efeitos significativos da inclusão de betaína sobre o peso relativo do timo, bolsa cloacal, baço e fígado em frangos de corte suplementados com betaína (1g/kg) e criados em ambiente com alta concentração de amônia no ar. Da mesma forma, Awad et al. (2014) não observaram efeitos significativos sobre o peso de fígado de patos aos 84 dias, suplementados com betaína (1,5 g/kg).

Wu et al. (2013) comprovaram que o déficit de metionina na ração de frangos de corte restringiu o desenvolvimento da bolsa cloacal, principalmente pela parada do ciclo celular e causou aumento da morte celular por apoptose. Esses autores concluíram que a função imunológica da bolsa cloacal pode ser significativamente afetada pela deficiência de metionina na ração.

### 3.2 Parâmetros sanguíneos

Não foram encontradas diferenças para o perfil hematológico ( $P>0,05$ ) das codornas aos 42 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Perfil hematológico de codornas europeias, aos 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

	TRATAMENTOS				CV%
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	
Hemácias ( $\times 10^6$ )	3,97	4,13	3,75	3,90	13,35
Hemoglobina (g/dL)	14,00	13,83	13,66	14,22	9,24
Hematócrito (%)	42,00	41,50	41,00	42,67	9,24
VCM (fL)	107,94	101,22	110,54	110,95	13,03
CHCM (%)	33,33	33,31	33,32	33,32	0,04
Monócitos (%)	2,67	3,33	3,80	2,50	55,58

Eosinófilos (%)	5,50	5,17	6,20	6,83	47,81
Basófilos (%)	1,17	0,33	0,80	0,17	137,80
Heterofilos (H) (%)	70,33	69,17	65,40	64,83	8,42
Linfócitos (L) (%)	20,33	22,00	23,80	25,83	24,80
H:L*	3,79	3,25	2,86	2,75	33,98

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

\* H:L – Heterófilo:Linfócito

Não houve influência das diferentes rações sobre as concentrações de hemácias, hematócrito, hemoglobina, VCM, CHCM, monócitos, eosinófilos, basófilos, heterófilos, linfócitos e relação heterófilo:linfócito (H:L) das codornas aos 42 dias de idade. Esses resultados diferem dos encontrados por Park e Park (2017), os quais observaram que a contagem total de hemácias, hematócrito, hemoglobina e avaliação VCM em patos sob estresse por calor e suplementados com betaína foram maiores do que aqueles alimentados com dietas controle.

O sangue representa um importante índice de estado fisiológico, patológico e nutricional do organismo (EL-SHINNAWY, 2015). Os leucócitos, como linfócitos e heterófilos desempenham papéis fundamentais no sistema de defesa imunológico das aves. A relação H:L tem sido proposta como um índice sensível de estresse crônico em frangos de corte, sendo alterada como consequência do aumento de heterófilo e redução de linfócito (BORGES et al., 2003).

Em contradição aos resultados obtidos nesse estudo, Nofal et al. (2015) observaram que as percentagens de linfócitos e monócitos foram significativamente aumentadas ( $P \leq 0,01$ ) pela suplementação de betaína na ração de frangos, em comparação ao grupo controle. Por outro lado, a porcentagem de heterofilos e a relação H:L diminuíram com inclusão de betaína na ração. Da mesma forma, Awad et al. (2014) relataram que a percentagem de linfócitos foi significativamente superior em patos suplementados com betaína (1,5 g/kg), enquanto que a contagem de heterófilos e a relação H:L foram significativamente menores em comparação à ração controle. Os resultados desses autores mostram que a betaína contribui para diminuição do estresse crônico pelo aumento da porcentagem de linfócitos e redução de heterofilos.

Em estudo com frangos de corte, Rama Rao et al. (2011) avaliaram os efeitos da suplementação de betaína (0 e 800 mg/kg) em rações contendo diferentes concentrações de metionina suplementar (15, 18, 20, 22 e 24 g/kg). Esses autores observaram que os

animais suplementados com betaína e alimentados com ração contendo concentração marginal de metionina (15 g/kg) obtiveram maior proliferação de linfócitos. Este aumento nas células de defesa pode ser explicado pelo efeito poupador da betaína em relação à metionina, proporcionando melhor aproveitamento da metionina e disponibilizando esse aminoácido para outras funções essenciais ao metabolismo, como a modulação imunitária (SANTANA et al., 2014). De acordo com Shini et al. (2005), o papel do aminoácido metionina no sistema imune está relacionado à proliferação de células imunes, que podem ser sensíveis às alterações nos níveis intracelulares de compostos sulfídricos como glutamato e cisteína, responsáveis pela formação da metionina.

Não foram encontradas diferenças para os níveis séricos de proteína total, albumina e globulina ( $P>0,05$ ) entre os diferentes tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Proteína total, albumina e globulina de codornas europeias, aos 42 dias de idade, alimentadas com rações contendo betaína em substituição parcial a metionina + cistina

	TRATAMENTOS				CV%
	Sem Betaína		Com Betaína		
	Controle	Red5% <sup>1</sup>	Red5% <sup>2</sup>	Red10% <sup>3</sup>	
Proteína Total (g dl <sup>-1</sup> )	3,95	3,67	3,55	3,80	11,67
Albumina (g dl <sup>-1</sup> )	1,75	1,80	1,65	1,70	13,40
Globulina (g dl <sup>-1</sup> )	2,20	1,87	1,90	2,10	13,38

<sup>1,2</sup>Ração com redução de 5% de metionina+cistina; <sup>3</sup>Ração com redução de 10% de metionina+cistina.

Os níveis séricos de proteína total, albumina e globulina, aqui relatados, estão em acordo com os obtidos por Awad et al. (2014). Estes autores, ao estudarem a suplementação de betaína para patos, não encontraram efeitos significativos da suplementação sobre esses parâmetros bioquímicos. Resultados semelhantes para albumina sérica foram encontrados por Rama Rao et al. (2011), os quais observaram que as concentrações de albumina não foram afetadas pela suplementação de betaína na dieta de frangos de corte.

Em contrapartida, El-Shinnawy (2015), observou que as concentrações séricas de proteína total e globulina mostraram aumento significativo em frangos suplementados com níveis crescentes de betaína (1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 g/kg). Hassan et al. (2005) constataram que a adição de betaína (0,072 e 0,144%) na dieta de frangos de corte tem

efeito benéfico para aumento da proteína total sanguínea e melhora a resposta de anticorpos.

#### 4. CONCLUSÃO

A redução dos níveis de metionina+cistina e a suplementação de betaína não afetaram o desenvolvimento de órgãos linfoides, parâmetros hematológicos e bioquímica sérica de codornas europeias.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A substituição parcial de metionina + cistina pela betaína pode ser recomendada sem prejuízos ao desempenho produtivo, rendimento de carcaça, qualidade física e resposta imune de codornas europeias.
- Ao considerar a análise econômica, o nível de 10% de redução de metionina + cistina com suplementação de betaína proporcionou maior eficiência econômica e índices de rentabilidade.

## REFERÊNCIAS

- AK, I.; SOZCU, A. Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Metiyoninin Bağışıklık Sistemi Gelişimi ve Performans Açısından Önemi. **Journal of Poultry Research**, v.13, p.5-8, 2016.
- AKHAVAN-SALAMAT, H.; GHASEMI, H.A. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. **Tropical Animal Health Production**, v.48, p.181-188, 2015.
- AWAD, A.L.; IBRAHIM, A.F.; FAHIM, H.N.; BESHARA, M.M. Effect of dietary betaine supplementation on growth performance and carcass traits of domyati ducklings under summer conditions. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.34, p.1019-1038, 2014.
- 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, p.975-981, 2003.
- CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. Interação entre imunidade e nutrição das aves: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Ano XXIV, n.24, 2015. Disponível em: >  
[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/spIIIuwtcZYWUvo\\_2015-3-24-14-38-5.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/spIIIuwtcZYWUvo_2015-3-24-14-38-5.pdf)<
- CHAND, N.; NAZ, S.; MARIS, H.; KHAN, R.U.; KHAN, S.; QURESHI, M.S. Effect of Betaine Supplementation on the Performance and Immune Response of Heat Stressed Broilers. **Pakistan Journal Zoology**, v.49, p.1857-1862, 2017.
- EL-SHINNAWY, A.M. Effect of betaine supplementation to methionine adequate diet on growth performance, carcass characteristics, some blood parameters and economic efficiency of broilers. **Journal of Animal and Poultry Production**, v.6, p.27-41, 2015.
- GUDEV, D.; POPOVA-RALCHEVA, S.; IANCHEV, I.; MONEV, P. Effect of betaine and air ammonia concentration on broiler performance, plasma corticosterone level,

lymphoid organ weights and some haematological indices. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.27, p.687-703, 2011.

HAMIDI, H.; JAHANIAN, R.; POURREZA, J. Effect of Dietary Betaine on Performance, Immunocompetence and Gut Contents Osmolarity of Broilers Challenged With a Mixed Coccidial Infection. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.5, p.193-201, 2010.

HASSAN, R.A.; EBEID, T.A.; EL-LATEIF, A.I.A.; ISMAIL, N.B. Effect of dietary betaine supplementation on growth, carcass and immunity of New Zealand White rabbits under high ambient temperature. **Livestock Science**, v.135, p.103–109, 2011.

HASSAN, R.A.; ATTIA, Y.A.; EL-GANZORY, E.H. Growth, carcass quality and serum constituents of slow growing chicks as affected by betaine addition to diets containing 1. Different levels of choline. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.840-850, 2005.

NOFAL, M.E.; GALAL, M.A.; MOUSA, S.M.M.; YASSEIN, D.M.M.; BEALSH, A.M.A. Effect of dietary betaine supplementation on productive, physiological and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks under the condition of heat stress. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.35, p.237-259, 2015.

PARK, B.S.; PARK, S.O. Effects of feeding time with betaine diet on growth performance, blood markers, and short chain fatty acids in meat ducks exposed to heat stress. **Livestock Science**, v.199, p.31-36, 2017.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; SAHARIA, P.; SUNDER, G.S. Effect of Supplementing Betaine on Performance, Carcass Traits and Immune Responses in Broiler Chicken Fed Diets Containing Different Concentrations of Methionine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.662 – 669, 2011.

RATRIYANTO, A.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E.; EKLUND, M. Metabolic, Osmoregulatory and Nutritional Functions of Betaine in Monogastric Animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.1461 – 1476, 2009.

ROSA, G.A.; SORBELLO, L.A.; DITTRICH, R.L.; MORAES, M.T.T.; OLIVEIRA, E.G. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. **Ciência Rural**, v.41, p.1605-1610, 2011.

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

SANTANA, M.H.M.; COSTA, F.G.P.; LUDKE, J.V.; FIGUEIREDO JÚNIOR, J.P. Interações nutricionais entre aminoácidos sulfurosos, colina e betaína para aves. **Archivos de Zootecnia**, v.63, p.69-83, 2014.

SHINI, S.; LI, X.; BRYDEN, W.L. Methionine requirement and cell-mediated immune in chicks. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.14, p.123, 2005.

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

Stat Soft Inc. (2004) Statistica (data analysis software system) version 7. <<http://www.statsoft.com>>

VELOSO, R.C.; ABREU, L.R.A.; MOTA, L.F.M.; CASTRO, M.R.; SILVA, M.A.; PIRES, A.V.; LIMA, H.J.D'A.; BOARI, C.A. Modelos de norma de reação para estudo das características de qualidade da carne de codornas de corte em função das razões (metionina + cistina): lisina da dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.1438-1448, 2015.

VILA, L.G. HEMATOLOGIA EM AVES: Revisão de literatura. Disciplina Seminários - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, 2013.

WINTROBE, M.M. The size and hemoglobin content of erythrocyte. Methods of determination and clinical application. **Journal of laboratory clinical medicine**, v.17, p.899, 1932.

WU, B.; CUI, H.; PENG, X.; FANG, J.; CUI, W.; LIU, X. Pathology of bursae of Fabricius in methionine-deficient broiler chickens. **Nutrientes**, V.5, p.877-886, 2013.

YANG, Z.; WANG, Z.Y.; YANG, H.M.; XU, L.; GONG, D.Q. Effects of dietary methionine and betaine on slaughter performance, biochemical and enzymatic parameters in goose liver and hepatic composition. **Animal Feed Science and Technology**, v.228, p.48-58, 2017.

ZHAN, X.A.; LI, J.X.; XU, Z.R.; ZHAO, R.Q. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers. **British Poultry Science**, v.47, p.576-580, 2006.



## ANEXO – Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**  
**COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**

*Mossoró, 30 de setembro de 2016.*

**CERTIFICADO**

*Certificamos que o projeto intitulado “Suplementação de betaína sobre desempenho produtivo, rendimento de carcaça e resposta imune de codorna”, protocolo n. 2309/008595/2016-64 sob a responsabilidade de Carlos Iberê Alves Freitas – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da lei 11794 de 8 de outubro de 2009 e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido –UFERSA em reunião de 28/09/2016*

<i>Vigência do projeto</i>	<i>Setembro a dezembro de 2016</i>
<i>Espécie/linhagem</i>	<i>Codorna</i>
<i>N. de Animais</i>	<i>600</i>
<i>Peso/idade</i>	<i>1-42 dias</i>
<i>Sexo</i>	<i>Machos</i>
<i>Origem</i>	<i>Criatórios particulares</i>

*Presidente CEUA-UFERSA*