

1 **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**

2

3

4

5

6

7 **ELIZANGELA BONFIM DE OLIVEIRA**

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17 **EFEITO DO USO DA BETAÍNA ONTOP E REFORMULADA, COM E**  
18 **SEM USO DE COLINA, EM RAÇÕES DE CODORNAS JAPONESAS**  
19 **EM POSTURA**

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

**ILHÉUS – BAHIA**

33

**2019**

1 **ELIZANGELA BONFIM DE OLIVEIRA**

2

3

4

5

6

7

8

9 **EFEITO DO USO DA BETAÍNA ONTOP E REFORMULADA, COM E**  
10 **SEM USO DE COLINA, EM RAÇÕES DE CODORNAS JAPONESAS**  
11 **EM POSTURA**

12

13

14

15

16 Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
17 Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz, para  
18 obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

19

20 Área de concentração: Produção e Comportamento Animal

21

22 Orientador: Prof. Matheus Ramalho de Lima

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

**IHÉUS – BAHIA**  
**2019**

O48

Oliveira, Elizangela Bonfim de.

Efeito do uso da betaína ontop e reformulada, com e sem uso de colina, em rações de codornas japonesas em postura / Elizangela Bonfim de Oliveira. – Ilhéus, BA: UESC, 2019.

19 f. : il.

Orientador: Matheus Ramalho de Lima.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Referências: f. 12-19.

1. Codornas – Alimentação e rações. 2. Nutrição animal. 3. Metionina – Efeito fisiológico. 4. Desempenho. 5. Metabolismo. I. Título.

CDD 636.59

1 **ELIZANGELA BONFIM DE OLIVEIRA**

2  
3  
4  
5  
6  
7  
8 **EFEITO DO USO DA BETAÍNA ONTOP E REFORMULADA, COM E**  
9 **SEM USO DE COLINA, EM RAÇÕES DE CODORNAS JAPONESAS**  
10 **EM POSTURA**

11  
12  
13 Ilhéus-BA, 21/02/2019

14 -----  
15 Matheus Ramalho de Lima – DSc  
16 UFSB/PPGCA  
17 (Orientador)

18  
19  
20 -----  
21 Camila Meneghetti  
22 UESC/DSAA  
23 (Co-Orientadora)

24  
25  
26 -----  
27 Fernando Guilherme Perazzo Costa - DSc  
28 UFPB/DZ

29  
30  
31 -----  
32 Edison Rogério Cansi  
33 UFSB/IHAC CJA

34  
35  
36 **ILHÉUS – BAHIA**  
37 **2019**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe Aurelina Bonfim de Oliveira e meu pai João Vitalino de Oliveira Filho, aos meus queridos irmãos Vitório Bonfim de Oliveira (in memorial), Roque, Idailton, Maria Aparecida e Ivanildo que nunca tiveram a oportunidade de estudar, mas sempre me deram todo o suporte possível para que eu conseguisse realizar este sonho que não é só meu, mas sim de todos nós. Mesmo em meios as suas limitações nossos pais sempre souberam nos guiar e nos ensinar a trilhar o caminho do bem, e que sempre me apoiaram nas minhas decisões sem medir esforços me incentivando a seguir em frente. E a minha filha de quatro patas Lisly, por todo amor e carinho, minha companheira de todos os momentos, que sempre vibra comigo nos momentos de alegria ou me compreende simplesmente com um olhar nos momentos de estresse ou de angústia.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

## 1 AGRADECIMENTOS

2 Agradeço a Deus porque até aqui me sustentou, me dando força e sabedoria para  
3 enfrentar os desafios durante todo período de mestrado.

4 Agradeço a minha Família que sempre me apoiou me incentivando e me dando força  
5 para alcançar meus objetivos, compartilhando de todos os momentos (bons e difíceis) da  
6 minha vida.

7 Agradeço ao Professor Ronaldo Vasconcelos Farias Filho que sempre me apoiou e  
8 foi meu maior incentivador para o ingresso no mestrado.

9 Agradeço a UESC pela oportunidade de estudar e realizar uma das minhas metas e  
10 aos professores pelos conhecimentos transmitidos.

11 Agradeço a CAPES pelo financiamento do meu mestrado e apoio financeiro.

12 Agradeço o meu Orientador Matheus Ramalho de Lima pelo apoio, orientação e  
13 paciência nos seus ensinamentos que foi imprescindível para meu crescimento pessoal e  
14 profissional.

15 Agradeço a minha co-orientadora Camila Meneghetti, pelo apoio e orientação na  
16 execução das atividades.

17 Agradeço a UFPB e ao professor Fernando Guilherme Perazzo Costa por me  
18 disponibilizar o espaço, animais e todos os materiais necessários para realização do  
19 experimento.

20 Agradeço ao Professor Ricardo Romão Guerra pela parceria na realização das  
21 análises histológicas do meu experimento.

22 Agradeço ao técnico do Laboratório de Histologia, Edjânio, pela imensa colaboração  
23 na realização das análises histológicas, além de ser muito prestativo e compreensivo.

24 Agradeço ao Professor Paulo pelo o apoio no laboratório de Tecnologia de Carnes e  
25 a técnica Juliana pela colaboração na realização das análises de resistência de ovo.

26 Agradeço o grupo GETA/UFPB, ao coordenador do setor de avicultura Bruno  
27 Lobato pelo apoio e disponibilidade de ajudar a resolver qualquer situação e os funcionários  
28 Sr. Josa e Sr. Ramalho por estarem sempre dispostos a me auxiliar nas atividades de campo.

29 Agradeço a Empresa AbVista pela parceria na realização de análises das dietas.

30 Agradeço a Empresa BTech Tecnologias Agropecuárias e Comércio Ltda. pelo  
31 fornecimento do premix betaína para formulação das dietas experimentais desta pesquisa.

32 Agradeço ao Pós-Doc do GETA/UFPB, Jorge Cunha Lima pelo profissionalismo e  
33 companheirismo, foi muito mais que um colaborador foi parceiro, conselheiro e construímos  
34 um laço de amizade muito forte.

1           Agradeço aos professores da Banca Examinadora pela disponibilidade para  
2 contribuição no enriquecimento do meu trabalho. Agradeço aos meus colegas do mestrado  
3 pela amizade e pelos conhecimentos e momentos de estudos compartilhados, em especial  
4 Juliana, Leonice, Elliege e Virgínia.

5           Agradeço os colegas de Pós do GETA/UFPB, Lucas, Guilherme, Joelma, Thamires  
6 pelo apoio e companheirismo com quem eu aprendi muito e compartilhamos muitas  
7 experiências tanto profissional como pessoal e especialmente Eduarda que foi minha  
8 psicóloga e conselheira, pelas vezes que ela secou minhas lágrimas e me incentivou nas horas  
9 de desespero.

10           Agradeço os estagiários do GETA/UFPB, André, Aline, Andressa, Antônio, Camila,  
11 Larissa, Márcia pelo a colaboração e disponibilidade para me auxiliar tanto no manejo quanto  
12 nas análises.

13           Agradeço as minhas companheiras da Pós/ UESC e do Grupo Ciência  
14 Avícola/UFSB Renata Deminicis, Rafaela Porto, Mirian Lima pela convivência,  
15 companheirismo, parceria e acima de tudo uma amizade verdadeira e sincera.

16           Agradeço a Fernanda, Fabrício e Diego (primeira república) e Andrezza que mesmo  
17 sem me conhecer abriram as portas para mim.

18           Agradeço aos meus amigos pelos incentivos e positividade, em especial Reginaldo  
19 Cardoso que sempre me apoiou em todas as situações.

20           Agradeço a todos que torceram por mim ou me apoiaram direto ou indiretamente de  
21 alguma forma na realização do meu mestrado.

22  
23           A todos a minha eterna gratidão!

1  
2 **EFEITO DO USO DA BETAÍNA ONTOP E REFORMULADA, COM E**  
3 **SEM USO DE COLINA, EM RAÇÕES DE CODORNAS JAPONESAS**  
4 **EM POSTURA**

5  
6 **RESUMO**

7  
8 O objetivo foi avaliar o uso da betaína sob duas formas de valorização e uso, associada com  
9 Cloreto de Colina em rações de codornas japonesas na fase de postura. Foram utilizadas 504  
10 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 74 a 208 dias de idade, em esquema  
11 fatorial 3x2+1 (3 forma de uso Betaína 'OnTop, Reformulada 100% e Reformulada 105%', 2  
12 formas de uso da colina, 'Sem e Com', mais um tratamento controle), em delineamento  
13 inteiramente casualizado, totalizando sete tratamentos, com nove repetições de oito aves por  
14 unidade experimental. PPCX30médio MAs rações foram formuladas com base nas  
15 recomendações das aves na fase experimental, usando alimentos de origem vegetal. A betaína  
16 entrou no nível de enriquecimento de 20% do nível de metionina digestível recomendado nas  
17 rações ontop, enquanto nas dietas com uso da betaina reformulada, o nível de enriquecimento  
18 foi da matriz nutricional do produto (100%) e com valorização extra de 5% (105%).O cloreto  
19 de colina entrou nas dietas na dose fixa de 0,07%. Foram analisados dados de desempenho  
20 produtivo, qualidade de ovos, histologia e células caliciformes do duodeno e glicogênio  
21 hepático. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa  
22 estatístico com médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. No desempenho,  
23 apenas o peso médio dos ovos foi influenciado. O uso da betaína promoveu maior peso dos  
24 ovos em relação ao controle (P=0,012), independente do modo de uso, enquanto que o uso da  
25 colina promoveu resultado superior no peso dos ovos (P=0,016), entretanto, não houve  
26 interação entre a betaína e o uso da colina nas rações (P=0,998) para essa variável. Na  
27 qualidade dos ovos, somente percentual de casca foi influenciado. O uso da betaína com  
28 reformulação a 105% promoveu maior percentual de casca (P=0,0002), quanto o modo de uso  
29 a betaina On Top apresentou menor percentual de caca (P=0,006), no entanto, não apresentou  
30 interação (P=0,9975) O uso da betaína promoveu maior altura dos vilos no tratamento com  
31 reformulação de 100% da matriz, contudo teve menor relação vilo:cripta em relação ao  
32 tratamento com a reformulação enriquecida em 5% (P=0,011). O glicogênio hepático não foi  
33 influenciado (P= 0,187). Nas células caliciformes, a reformulação em 5% extras da matriz foi  
34 superior a matriz em 100% (P<0,001). O uso da colina reduziu a altura dos vilos (P=0,010),  
35 foi numericamente superior na relação vilo:cripta, e ainda, promoveu maior numero de células  
36 caliciformes (P<0,001). Nos geral, o uso da betaína se mostra interessante, pois promove  
37 redução no uso de DL-Metionina nas dietas, proporciona melhoria produtiva, e, quando  
38 reformulada promove um efeito adicional, potencializando o não uso de colina nas rações. Em  
39 conclusão, recomenda-se o uso da betaína reformulada em 100 ou 105% de sua matriz, sem  
40 uso de colina, em rações de codornas japonesas em postura.

41 **Palavras-chave:** doadora, enzima, grupos metil, metabolismo animal, síntese

1 **EFFECT OF THE USE OF ONTOP AND REFORMULATED BETAINNE, WITH AND**  
2 **WITHOUT COLINE, IN JAPANESE QUAILS IN QUAIL PRODUCTION**

3  
4  
5  
6 **ABSTRACT**

7  
8 The objective was to evaluate the use of betaine under two forms of recovery and use, associated with Choline  
9 Chloride in Japanese quail rations in the laying phase. Fifty-four Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*)  
10 from 74 to 208 days old were used in a factorial scheme 3x2 + 1 (3 forms of use Betaine 'OnTop, 100%  
11 Reformulated and 105% Reformulated', 2 forms of choline use, No and Com ', plus one control treatment), in a  
12 completely randomized design, totaling seven treatments, with nine replicates of eight birds per experimental  
13 unit. The feed intake (CR, g / bird / day), posture percentage (PPTP,% / bird), feed conversion per 30 egg carton  
14 (CCX30A, kg / 30 eggs) and egg mass (g / cm<sup>3</sup>), relative weight of bark (CASCASCA,%), yolk (GEMA,%), bark  
15 thickness (ESP, mm), albumen (ALBUMIN,%). The rations were formulated based on the recommendations of  
16 the birds in the experimental phase, using foods of vegetal origin. Betaine was added to the enrichment level of  
17 20% of the recommended digestible methionine level in the ontop rations, while in the diets with the use of the  
18 reformulated betaine, the enrichment level was of the nutritional matrix of the product (100%) and with an extra  
19 recovery of 5% (105%). Choline chloride entered the diets at a fixed dose of 0.07%. Data of productive  
20 performance, egg quality, histology and goblet cells of the duodenum and hepatic glycogen were analyzed. Data  
21 of productive performance, egg quality, histology and goblet cells of the duodenum and hepatic glycogen were  
22 analyzed. The data were submitted to analysis of variance with the aid of the statistical program with averages  
23 compared by the Tukey test at 5% probability. In performance, only the mean egg weight was influenced. The  
24 use of betaine promoted a higher egg weight in relation to the control (P = 0.012), regardless of the mode of use,  
25 whereas the use of choline promoted a superior egg weight (P = 0.016), however, there was no interaction  
26 between betaine and the use of choline in feed (P = 0.998) for this variable. In egg quality, only percentage of  
27 bark was influenced. The use of betaine with 105% reformulation promoted a higher percentage of bark (P =  
28 0.0002), and the mode of use of betaine On Top had a lower percentage of poop (P = 0,006), therefore, no  
29 interaction (P = 0,998). The use of betaine promoted higher villi height in treatment with 100% matrix  
30 reformulation, however, it had lower villus: crypt ratio in relation to treatment with 5% enriched reformulation  
31 (P = 0.011). Hepatic glycogen was not influenced (P = 0.187). In the goblet cells, the extra 5% reformulation of  
32 the matrix was superior to the matrix in 100% (P <0.001). The use of choline reduced the height of the villi (P =  
33 0.010), was numerically superior in relation to villus: crypt, and also promoted a greater number of goblet cells  
34 (P <0.001). In general, the use of betaine is interesting, since it promotes a reduction in the use of DL-  
35 Methionine in the diets, it provides productive improvement, and, when reformulated it promotes an additional  
36 effect, potentiating the non-use of choline in the diets. In conclusion, it is recommended to use re-formulated  
37 betaine in 100 or 105% of its matrix, without the use of choline, in rations of Japanese laying quails.

38  
39  
40  
41  
42 **Keywords:** animal metabolism, donor, enzyme, methyl groups, synthesis

## SUMÁRIO

1		
2		
3		
4		
5	1. INTRODUÇÃO.....	8
6	2. OBJETIVOS.....	9
7	2.1. Geral.....	9
8	2.2. Específicos.....	9
9	3. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
10	3.1. Coturnicultura de postura no Brasil.....	9
11	3.2 Qualidade dos ovos.....	10
12	3.3 Betaína.....	12
13	3.4. Colina.....	13
14	3.5 Metionina.....	14
15	3.6 Interação Metionina x Colina x Betaína.....	14
16	4.MATERIAL E MÉTODOS.....	16
17	5. RESULTADOS.....	11
18	6. DISCUSSÃO.....	15
19	7. CONCLUSÕES.....	19
20	REFERÊNCIAS.....	19
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, com o aumento da produção de aminoácidos sintéticos pela indústria, os nutricionistas vêm utilizando com mais frequência esses produtos nas rações, em razão da facilidade de compra, dos preços acessíveis frente ao alto custo dos principais ingredientes proteicos vegetais (SANTANA et al., 2014).

O aminoácido metionina é amplamente utilizado pelas aves em diversas funções no organismo, principalmente como doadora de grupamentos metílicos em reações metabólicas, participando diretamente da síntese proteica (LEESSON & SUMMERS, 2001). A metionina desempenha um papel muito importante no metabolismo das aves como doador de grupos metil ativos, tal reação ocorre após a conversão em S-adenosilmetionina (D'MELLO, 2003). Aliado a isto, a metionina sob a forma de S-adenosilmetionina é exigida para a biosíntese de várias substâncias envolvidas no crescimento das aves, como a cisteína, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (BAKER et al., 1996).

A metionina também é responsável pelo fornecimento de enxofre para a síntese de outros componentes químicos que apresentam enxofre na sua composição (Wu, 2003) e fundamental para a síntese de taurina, um dos aminoácidos mais abundantes no organismo, que age como um transmissor neuroinibidor juntamente com a glicina. Outro aspecto importante, é que a metionina pode atuar como um agente lipotrófico através do seu papel como doador de grupamentos metil ou também pelo envolvimento no metabolismo da colina, betaína, ácido fólico e da vitamina B12 (CHEN et al., 1993). A deficiência de metionina pode causar prejuízos renais e hepáticos (Brumano, 2008), já que as reações de metilação são essenciais no metabolismo da gordura no fígado, evitando assim, a síndrome do fígado gorduroso.

Outras substâncias encontradas nos ingredientes das rações de aves são responsáveis pelo fornecimento de grupos metil para o metabolismo, como a colina e a betaína. A colina apresenta em sua molécula três grupos metil, cuja finalidade é atuar como fonte de grupos metil para reações de metilação, de modo que é considerada um nutriente essencial ao organismo animal. Entretanto, existe controversa sobre sua classificação, pois não participa no metabolismo como coenzima, e sim na síntese de lecitina e de outros fosfolipídios que fazem parte da estrutura celular (Bertechini, 2004), adicionalmente, é exigida em quantidade maior do que as demais vitaminas do complexo B (BERTECHINI, 2006).

A betaína apresenta radicais metílicos quimicamente ativos e participa de reações catalisadas por enzimas nas reações de metilação, sendo assim pode ser sintetizada pela colina na mitocôndria (RIBEIRO et al., 2011). A betaína é um composto metabólico proveniente da oxidação da colina que deriva da perda do grupamento metil a partir da colina no ciclo da adenosil-metionina à cisteína, atuando como poupador de metionina e/ou colina nas funções metabólicas (PANIZ et al, 2005), assim conduzindo mais metionina para síntese proteica (METZLER-ZEBELI et al., 2009), o que pode diminuir o uso de metionina e colina nas dietas. No entanto, a betaína age exclusivamente como um doador de metil para a homocisteína, que posteriormente forma a metionina. Geralmente em condições comerciais, a betaína vem sendo utilizada em dose prática de até 20% do nível de metionina digestível presente na dieta formulada.

Além de exercer o papel de poupadora de metionina e colina diante de sua predisposição para doação de grupamento metil, McDevitt et al., (2000) verificaram que com a suplementação de betaína em frangos de corte, houve um efeito de modificador na carcaça, ao que fora atribuído devido a produção de uma carne magra com alta biodisponibilidade de metionina e cistina na deposição proteica. Contudo, a betaína ainda pode aumentar a resistência osmótica das células, evitando a perda de água impedindo a desidratação celular em condições de estresse (PAK et al., 2017).

1           Devido às características químicas similares, há uma forte interação entre estes  
2 nutrientes e o desequilíbrio entre estes pode provocar sérios prejuízos ao desempenho das  
3 aves. Assim, inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas, tais como avaliação de  
4 aminoácidos associados ou não a outros aditivos, porém ainda há poucos trabalhos realizados  
5 com o intuito de utilizar a betaína como forma de substituição de metionina nas dietas de  
6 codornas japonesas em fase de postura. A frente disso, objetivou-se analisar as diferentes  
7 formas de uso da betaína e sua associada à colina no desempenho produtivo e qualidade dos  
8 ovos de codornas japonesas.

## 9 10 **2. OBJETIVOS**

### 11 **2.1. Geral**

- 12       • Avaliar o uso da betaína sob duas formas de valorização e uso, associada com Colina.

### 13 **2.2. Específicos**

- 14       • Avaliar os efeitos isolados e sinérgicos da betaína e cloreto de colina sobre o  
15 desempenho produtivo (produção de ovo, peso de ovo) de codornas japonesas;
- 16       • Avaliar efeitos isolados e sinérgicos da betaína e cloreto de colina sobre os parâmetros  
17 de qualidade externa e interna de ovos (percentual de casca, gravidade específica,  
18 resistência de casca, percentual de albúmen e gema, coloração da gema);
- 19       • Avaliar a interação entre a betaína e a colina sobre os parâmetros histológicos das  
20 codornas na fase de postura.

## 21 22 **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### 23 **3.1. Coturnicultura de postura no Brasil**

24           A coturnicultura foi introduzida no Brasil no início da década de 60, com a finalidade  
25 de produção e comercialização de ovos “in natura” da espécie *Cortunix cortunix*  
26 *japônica*, mais difundida mundialmente para este propósito (SILVA, 2011). Apesar da espécie  
27 *Cortunix cortunix cortunix* ser boa produtora de ovos e produzir ovos maiores, ela é menos  
28 eficiente para esta finalidade, sendo mais utilizada na produção de carne (BERTECHINI,  
29 2010).

30           A espécie japônica apresenta peso corporal em média de 160g, é utilizada para  
31 produção de ovos sendo destinadas para produção de carne no final do período produtivo.  
32 Algumas características desta espécie são responsáveis pelo o grande avanço da criação, entre  
33 elas estão o rápido crescimento, a precocidade produtiva, a maturidade sexual que se inicia de  
34 35 a 42 dias de idade, a grande longevidade associada à alta produção que dura de 14 a 18  
35 meses, associando a alta produtividade de média de 300 ovos/ano, além da necessidade de  
36 pequenos espaços para grandes populações e o pequeno investimento inicial (PASTORE et  
37 al., 2012).

38           A coturnicultura brasileira industrial teve o seu marco na região sul do Brasil no ano  
39 de 1989 quando uma grande empresa avícola resolveu aumentar sua variedade de produtos  
40 para comercialização e diversificar paladares. A partir disso, os investimentos na criação e  
41 comercialização de carcaças de codornas congeladas vêm crescendo que já atinge os países do  
42 Mercosul e Oriente Médio (SILVA, 2009).

43           O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2007 registrou que o Brasil no  
44 ano de 2005 alcançou a marca de 6,4 milhões de cabeças e em 2006 este número aumentou  
45 12,5% chegando a 7,2 milhões de codornas alojadas. Já no ano de 2012, o número de

1 codornas foi de 16,436 milhões e um acréscimo de 5,6% em relação o ano de 2011 (IBGE,  
2 2012). E a produção de ovos atingiu valores de 284,973 milhões de dúzias, um aumento de  
3 9,4% sobre o total obtido no ano de 2011. Com estes dados, o Brasil tomou posição do quinto  
4 maior produtor de carne e segundo maior produtor de ovos de codornas do mundo (SILVA et  
5 al., 2012).

6 Já os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2014 o Brasil é o  
7 quinto maior produtor mundial de carne de codornas e o segundo de ovos. O efetivo de  
8 codornas no ano de 2014 foi de 20,34 milhões de unidades, apresentando um aumento de  
9 11,9% com relação ao registrado em 2013 (IBGE, 2014). Já espera para o ano de 2020 mais  
10 de 36 milhões de codornas (BERTECHINI, 2012).

11 O ovo é um meio de reprodução e proliferação das aves, mas também contribui com  
12 fonte alimentar para o ser humano (JACOB et al., 2011). Apesar do ovo de codorna ser  
13 relativamente pequeno pesando uma média de 10g de peso e aproximadamente 30mm de  
14 comprimento, é considerado um excelente alimento na dieta humana, pois sua proteína  
15 apresenta alto valor biológico, ou seja, há uma elevada proporção entre o nitrogênio da  
16 proteína do ovo que é retido e o que é absorvido no organismo (BRESSAN & ROSA, 2002).  
17 Além disso, é uma fonte considerável de nutrientes essenciais para a nutrição humana, pois  
18 contém todos os aminoácidos essenciais além de vitaminas, minerais e ácidos graxos  
19 nutrientes imprescindíveis na dieta humana (RÊGO et al., 2012). Apresenta em sua  
20 composição um teor médio de 74,6% de umidade, 13,1% de proteína, 1,1% de minerais e  
21 11,2% de lipídeos e os teores de cálcio, fósforo, ferro, vitamina A e energia, em 100g de ovo,  
22 estão na faixa de 59mg, 220mg, 3,8mg, 300UI e 158kcal, respectivamente, (PANDA &  
23 SINGH, 1990). Portanto, o consumo diário de seis ovos de codorna considerando o peso  
24 médio de 10g/ovo equivale a um ovo de galinha grande com peso de 60g, sendo suficiente  
25 para atender as demandas nutricionais de 4,4% de cálcio, 16,5% de fósforo e 22,8% de ferro  
26 baseado no consumo diário médio de cálcio e fósforo (800mg) e de ferro (10mg) para crianças  
27 com faixa etária de até seis anos, segundo (NRC 1989).

28 Contudo o seu consumo está se expandindo mundialmente, pois além de ser um  
29 alimento de boa qualidade e rico em vários nutrientes essenciais para saúde humana,  
30 apresenta preço acessível ao consumidor (NOVELLO et al., 2006). O avanço no consumo de  
31 ovos de codorna nos últimos anos pode estar relacionado a múltiplos fatores como mudanças  
32 de hábitos sociais da população, mais refeições fora de casa, isso pode ser notado nas  
33 pequenas cidades do Brasil, por conseguinte os ovos de codornas em conservas tem se  
34 destacado cada vez mais nas refeições brasileiras, Soares, (2013) e conhecimento da  
35 qualidade do produto, além disso, com o aumento da demanda, maior tem sido a produção de  
36 ovos, o que favorece um menor preço (PASTORE et al., 2012). Com aumento do consumo de  
37 ovos de codornas, também cresceu a busca de estratégias nutricionais para melhorar a  
38 eficiência produtiva e aproveitamento de nutrientes pelas aves.

### 40 **3.2 Qualidade dos ovos**

41 O ovo é considerado um alimento nutricionalmente completo com quantidade  
42 equilibrada de nutrientes como proteínas, vitaminas, lipídeos e minerais. O ovo é constituído  
43 por casca, albúmen e gema, estes componentes podem apresentar alterações em função da  
44 linhagem e idade das poedeiras (AKBAR et AL., 1983).

45 A qualidade do ovo está relacionada com alguns fatores como, peso do ovo,  
46 resistência da casca e ausência de defeitos. A casca é a embalagem natural do ovo e por este  
47 motivo deve apresentar uma resistência suficiente para suportar a postura, colheita, transporte  
48 e classificação até chegar ao consumidor final sem comprometer a qualidade do conteúdo,  
49 caso contrário, compromete na economia da atividade. Para mensuração da qualidade da casa

1 requer o percentual de casca em relação o peso do ovo, espessura e resistência da casca à  
2 quebra (BAIÃO & CANÇADO, 1997). E a gravidade específica é um método indireto a casca  
3 em relação com espessura e a percentagem de casca em relação ao peso do ovo  
4 (HAMMERLE, 1969).

5 A resistência da casca é uma das características de qualidade que mais influencia na  
6 lucratividade do produtor, significando perdas de aproximadamente 12,3% ao ano por  
7 problemas na casca (FURTADO et al., 2001). Problemas na casca, poderão também resultar  
8 em baixa classificação dos ovos, o que poderá causar uma desvalorização do produto no  
9 mercado (JACOB et al. 2000).

10 O peso do ovo de codorna varia de 9 a 13 gramas e é de grande importância para  
11 avaliação da qualidade externa do mesmo, estando positivamente correlacionado com o peso  
12 da casca, peso de albúmen, peso da gema, altura da gema, diâmetro e índice de gema (EL-  
13 MARINHO, 2011; EL-TARABANY, 2016). Moura, et al. (2008), ressalta que os ovos devem  
14 ser submetidos a condições ambientais controladas de temperatura e umidade. ElTarabany  
15 (2016) ressaltam que a temperatura exerce forte influência para o parâmetro peso do ovo,  
16 tendo em vista que codornas estressadas pelo calor tendem a gerar ovos mais leves. O stress  
17 térmico reduz a ingestão de alimentos pelas aves, assim como a digestibilidade dos diferentes  
18 componentes da dieta os quais são necessários para a formação do ovo afetando  
19 negativamente o desempenho e a rentabilidade. (ARAUJO et al., 2014; EL-TARABANY,  
20 2016). Essa perda está associada à evaporação que ocorre através da perda de água por meio  
21 dos poros da casca, que também determina diretamente o aumento do tamanho da câmara de  
22 ar, sendo a velocidade da perda de umidade para o ambiente relacionada à porosidade da  
23 casca e fatores ambientais como umidade relativa do ar que é de suma importância como  
24 influenciador na perda de peso do ovo, pois pode acarretar em uma intensificação desta perda  
25 do peso do ovo durante sua estocagem, ou seja, quanto maior a umidade, menor o declínio do  
26 peso (MARINHO, 2011).

27 A qualidade interna é determinada pela utilização dos métodos de avaliação, sendo  
28 os principais percentual de albúmen, percentual de gema, índice de gema, unidades de  
29 Haugh, além de avaliação dos nutrientes. Além disso, os ovos não devem apresentar manchas  
30 de sangue e nem pigmentações não características. O fator principal para certificação da  
31 qualidade do ovo é a forma da gema e consistência da membrana envolto, são os componentes  
32 que possibilitam analisar sua qualidade (KIRUNDA & MCKEE, 2000).

33 Vários fatores de qualidade interna do albúmen e da gema sofrem perdas conforme a  
34 idade do ovo. Esta perda está associada com tempo, temperatura, umidade e manipulação. A  
35 razão da queda de qualidade do albúmen e da gema se deve à movimentação de saída do  
36 dióxido de carbono através da casca.

37 Segundo Pissinati et al., (2014), a porcentagem da gema está diretamente relacionada  
38 com as reações que ocorrem no albúmen, visto que com a liquefação do albúmen ocorre  
39 maior produção de água. De acordo com Seibel (2005), além da perda de água através da  
40 casca, existe um movimento da água da clara para a gema por causa da maior pressão  
41 osmótica da gema. Onde a água da albumina atravessa a membrana vitelínica por osmose e é  
42 retida na gema. O excesso de água na gema determina o aumento do seu volume, levando ao  
43 enfraquecimento da membrana vitelínica. Isto faz com que a gema pareça maior e achatada  
44 quando o ovo é observado em uma superfície plana após a sua quebra. Após ser posto a  
45 tendência é o excesso de água do ovo sair através dos poros e dissolver-se na atmosfera como  
46 consequência de um gradiente negativo de concentração. Menos CO<sub>2</sub> na água significa menos  
47 H<sub>2</sub>O + a ser produzido e o pH do ovo vai subindo e causando fluidificação do albúmen, que  
48 por ser um processo bioquímico, é acelerada com o aumento da temperatura, resultando em  
49 alterações no sabor e conseqüentemente na palatabilidade do produto (SARCINELLI, 2007).

1 A gravidade específica é determinada segundo os princípios de Arquimedes, no qual  
2 utiliza os dados de peso do ovo no ar e o peso da água deslocada pelo ovo quando totalmente  
3 submerso (BARBOSA et al., 2009). Segundo Marinho (2011) a medida da gravidade  
4 específica do ovo é, provavelmente, uma das técnicas mais comumente utilizadas para  
5 determinar a qualidade da casca do ovo, devido a sua rapidez, praticidade e baixo custo.  
6 Araújo e Albino (2011), consideram que maior gravidade específica resulta em melhor  
7 qualidade de casca. A perda de água que ocorre no ovo depois da postura, em consequência  
8 da evaporação, provoca um aumento progressivo da câmara de ar e conseqüentemente uma  
9 diminuição da gravidade específica do ovo (MAGALHÃES, 2007).

### 10 **3.3 Betaína**

12 A betaína é um composto aromático extraído da beterraba (*Beta vulgaris*) e também  
13 é encontrada naturalmente nas células e sintetizada por uma grande variedade de  
14 microrganismos e plantas (CRAIG, 2004). É classificada como uma metilamônia em virtude  
15 de seus três grupamentos metil quimicamente reativos unidos ao átomo de nitrogênio de uma  
16 molécula de glicina (GARCIA NETO, 2004) e, geralmente em condições comerciais, a  
17 betaína vem sendo utilizada em dose prática de até 20% do nível de metionina digestível  
18 presente na dieta formulada.

19 No organismo animal, a betaína deriva da colina através de reações de oxidação e sua  
20 principal função é a doação de grupos metil (CH<sub>3</sub>). Já a colina é oxidada por meio da enzima  
21 colina oxidase se convertendo em betaína (COMBS, 2008).

22 Dentre os osmólitos orgânicos, a betaína tem-se mostrado ser o osmoprotetor mais  
23 efetivo (GUDEV et al., 2011). Atua ativamente nas células, substituindo o potássio  
24 intracelular, o que afeta o movimento da água, acumulando-a rapidamente em nível  
25 intracelular, sem alterar o metabolismo celular mitocondrial, reduzindo a permeabilidade  
26 vascular, ocasionando maior retenção de água no conteúdo intracelular e maior tolerância das  
27 aves a elevadas temperaturas ambientais (BARBOSA, 2009), além de aumentar a resistência  
28 osmótica das células, evitando a perda de água impedindo a desidratação celular em  
29 condições de estresse ambiental (PAK et al., 2017). Com essa capacidade osmolítica que a  
30 betaína possui efeito positivamente a digestibilidade, pois seu acúmulo no tecido intestinal  
31 resulta num aumento da capacidade de retenção de água das células intestinais  
32 (HONARBAKHSI et al., 2007). Sakomura et al. (2013) verificaram melhora nas  
33 características morfológicas do intestino delgado com a inclusão de betaína na dieta de  
34 frangos de corte. Ao reduzir o gasto energético para manutenção das atividades metabólicas  
35 da célula (EKLUND et al., 2005), disponibiliza energia para outros processos metabólicos de  
36 produção e crescimento, trazendo benefícios no desempenho produtivo (BARBOSA, 2009).

37 A betaína também atua como doadora de grupos metil, e está intimamente ligada  
38 com a metionina e colina. No entanto, entre as três moléculas a betaína é a mais eficiente  
39 como doadora de grupos metil, essencial para o ciclo de transmetilação (PEREIRA et al.,  
40 2010), por ser a única fonte prontamente ativa. A colina e a metionina, necessitam passar por  
41 transformações para serem utilizados pelos animais.

42 Na nutrição animal, a betaína é amplamente apresentada como “modificador de  
43 carcaça” devido ao seu efeito lipotrófico (EKLUND et al., 2005). Participa da síntese de  
44 lecitina, que facilita o transporte da gordura pelo corpo (RATRIYANTO et al., 2009), e  
45 interage com o metabolismo lipídico por estimular o catabolismo oxidativo dos ácidos graxos,  
46 (EKLUND et al., 2005) por meio do aumento da síntese de carnitina no fígado assim como da  
47 atividade da enzima lipase hormônio-sensível nas células adiposas, proporcionando redução  
48 na gordura abdominal (ZHAN et al., 2006) e oferecendo assim um potencial para a redução de  
49 gordura de carcaça na produção comercial.

1 Em aves, a betaína é sintetizada na mitocôndria das células hepáticas (KETTUNEN  
2 et al., 2001) a partir da oxidação da colina (BURG et al., 2007). Devido a sua participação nas  
3 reações de metilação no metabolismo hepático da gordura, a inclusão de betaína na dieta pode  
4 prevenir a osteatose hepática, ou seja, o acúmulo de ácidos graxos no fígado, evitando assim a  
5 síndrome do fígado gorduroso (SANTANA et al., 2014).

6 Há evidências do uso da betaína na dieta que houve melhora na conversão alimentar  
7 de patos (WANG et al., 2004) e posteriormente (PEREIRA et al., 2010) observou melhora na  
8 conversão alimentar de frangos de corte. Contudo, Zulkifli et al. (2004) não verificaram efeito  
9 da betaína sobre os parâmetros zootécnicos de frangos de corte expostos à altas temperaturas,  
10 mas observaram que as aves suplementadas estavam menos hipertérmicas e apresentavam  
11 melhora nas respostas fisiológicas e imunológicas.

12 Xing e Jiang (2012) avaliaram os efeitos da suplementação dietética de betaína sobre  
13 o desempenho e atividade lipogênica de poedeiras leves com 18 semanas de idade e foi  
14 observado um aumento linear na produção de ovos a partir dos níveis de suplementação de  
15 betaína na dieta das aves.

### 16 **3.4. Colina**

17  
18 A colina é um composto orgânico, denominada quimicamente de  $\beta$ -hidroxietil-  
19 trimetilamônio hidróxido, íon caracterizado por um radical nitrogênio trimetil quaternário.  
20 Considerada um sal, incolor altamente solúvel em água e álcool, sendo um nutriente essencial  
21 ao organismo animal e é classificada como vitamina do complexo B, porém há controversa,  
22 pois não se enquadra na classificação clássica das vitaminas participando no metabolismo  
23 animal como coenzima atuando na síntese de lecitina e de outros fosfolipídios que fazem  
24 parte da estrutura celular (BERTECHINI, 2004) e sendo requerida numa quantidade muito  
25 superior às outras vitaminas (BERTECHINI, 2006). Além disso, a colina pode ser sintetizada  
26 no fígado a partir do aminoácido serina com a presença de ácido fólico e vitamina B6,  
27 diferentemente das demais vitaminas do complexo B (REIS ET AL., 2012).

28 Na nutrição animal, a colina participa da síntese de lecitina, esfingomiélin e  
29 acetilcolina um importante neurotransmissor. Atua como doadora de grupos metil que agem  
30 na formação de metionina a partir da homocisteína e de creatina a partir de ácido  
31 guanidoacético (LEESON;SUMMERS, 2001), além de ser essencial para a síntese de betaína,  
32 um aminoácido doador de grupos metílicos para formação de metionina por meio de reações  
33 de metilação. Segundo Klasing (1998), quantitativamente, o papel primário da colina é  
34 integrar a fosfatidilcolina que é a forma predominante no corpo essencial na mantença e  
35 formação da estrutura celular, importante para a transmissão do impulso nervoso e participa  
36 da síntese de esfingomiélin e as lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL).

37 A molécula de colina possui três grupos metil (-CH<sub>3</sub>), cuja função principal é atuar  
38 como doadora de grupos metil para reações de metilação no organismo (Graciano et al.,  
39 2010), sendo a única fonte de grupos metil prontamente ativa, permitindo a síntese de  
40 compostos chaves no metabolismo proteico e energético, como a metionina, carnitina,  
41 fosfatidilcolina e creatina (EL-HUSSEINY et al., 2008). A colina reage com a acetil coenzima  
42 A e atua como precursor da acetilcolina, um importante neurotransmissor (SHIAU;LO, 2000).

43 Contudo, exigências de colina foram estabelecidas para várias espécies animais  
44 incluindo frangos, poedeiras, suínos, ratos e cães. A maioria das espécies consegue produzir  
45 toda a colina necessária por meio de síntese hepática a partir da serina e grupos metil da S-  
46 adenosilmetionina (NRC, 1987). Exceto as aves, talvez porque a síntese pode não ser rápida o  
47 suficiente para suportar o crescimento e a produtividade das mesmas, tornando-se necessário  
48 fazer a suplementação nas dietas (KLASING, 1998) e especialmente as codornas, que a  
49 quantidade necessária indicada na literatura é bastante controversa. Porém a sua exigência

1 pode ser parcialmente atendida por excesso de qualquer um dos doadores de grupos metil,  
2 como a metionina ou a betaína (BERTECHINI, 2006).

### 4 **3.5 Metionina**

5 A metionina é um aminoácido essencial para as aves e o primeiro aminoácido  
6 limitante, ou seja, as aves não são capazes de sintetizá-lo ou sintetiza em quantidades  
7 insuficiente para suprir suas exigências para desempenhar suas funções. Além disso, é o  
8 aminoácido que apresenta maior necessidade de suprimento nas dietas. Por outro lado a  
9 cisteína é um aminoácido não essencial, porém é sintetizada a partir da metionina no  
10 organismo (NELSON;COX, 2009). Segundo Dalibard et al.( 2014), a cisteína pode ser  
11 responsável por até 50% da exigência de metionina na dieta, podendo ser inferior nos animais  
12 de alto desempenho.

13 A metionina é uma fonte sulfúrica para biossíntese de cisteína (forma encontrada no  
14 sangue e nas pontes de dissulfeto) através de processos catabólicos (transulfuração)  
15 garantindo o suprimento de cistina (cisteína+cisteína) que evita sua deficiência. A conversão  
16 de cisteína à metionina não ocorre, no entanto a cistina não supre as necessidades dietéticas de  
17 metionina (PANIZ et al., 2005). Portanto o fornecimento de DL-metionina na dieta deve ser  
18 suficiente para suprir a necessidade de metionina e cistina digestível. Assim como outros  
19 aminoácidos, a metionina em caso de excesso ocasionará antagonismo com outros  
20 aminoácidos influenciando negativamente no desempenho produtivo. Por outro lado a  
21 deficiência pode limitar o produção, e fragilizar o sistema imune possibilitando o animal a  
22 adquirir doenças mais facilmente.

23 A metionina fornece compostos para o ciclo do Ácido cítrico ou da glicose, sendo  
24 assim, fazendo com que o aminoácido contribua com a síntese de ATP, como também os  
25 glicídeos e os lipídeos (RODRIGUES, 2018).

26 Outro aspecto importante, é que a metionina pode atuar como um agente lipotrófico  
27 através do seu papel como doador de grupamentos metil ou também pelo envolvimento no  
28 metabolismo da colina, betaína, ácido fólico e da vitamina B12 (CHEN et al., 1993). A  
29 deficiência de metionina pode causar prejuízos renais e hepáticos (Brumano, 2008), já que as  
30 reações de metilação são essenciais no metabolismo da gordura no fígado, evitando assim, a  
31 síndrome do fígado gorduroso.No ciclo da metionina e a formação dos seus produtos estão  
32 envolvidos com o processo de metilação de RNA,DNA, lipídeos e proteínas (OLIVEIRA  
33 NETO,2014)

### 35 **3.6 Interação Metionina x Colina x Betaína**

36 A betaína, a colina e a metionina, são compostos doadores de grupamento metílicos e  
37 estão inter-relacionadas participando de tanto na mobilização de gordura corporal e síntese  
38 proteica direcionando no aumento da produção (SANTANA et al., 2014).

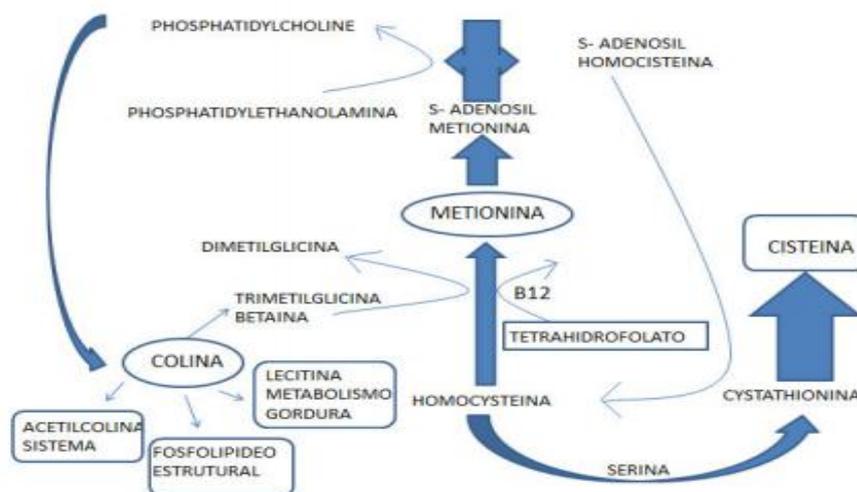
39 No organismo animal, a função metabólica primária da betaína compreende a doação  
40 de grupos metil (CH<sub>3</sub>) em processos metabólicos e exercer papel importante no processo de  
41 remetilação da homocisteína em metionina. A remetilação da homocisteína em metionina é  
42 uma reação essencial para a saúde animal, pois as aves são intolerantes a altos níveis  
43 plasmáticos e urinários de homocisteína (NEVES, 2004).

44 A betaína também é derivada da colina por reações de oxidação, que ocorre nas  
45 mitocôndrias por meio de enzimas colina oxidases convertendo a colina em betaína (COMBS,  
46 2008). A partir daí, a betaína tem a capacidade de fornecer grupos metílicos para a  
47 homocisteína para formar a metionina, que esta por sua vez produz a S-adenosilmetionina  
48 (SAM), forma ativa da absorção. A forma de S-adenosilmetionina é o mais importante doador  
49 de grupo metil no organismo, sendo exigida para a biossíntese de substâncias envolvidas no

1 crescimento, como cisteína, creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina  
2 (BAKER et al., 1996).

3 A metionina participa na biossíntese da colina pela doação de grupos metílicos.  
4 Dessa forma, rações deficientes em metionina podem afetar as exigências de colina  
5 (BERTECHINI, 2006). Além da sua função primária como constituinte de proteínas, a  
6 metionina, primeiramente, pode ser convertida em S-adenosilmetionina e S-adenosil-  
7 homocisteína, reações estas que liberam um grupo que é usado em vários processos  
8 metabólicos (SIMON, 1999). Para recuperar metionina de homocisteína, um grupo metil deve  
9 ser transferido em uma reação inversa por meio do tetraidrofolato (envolvendo folatos e  
10 vitamina B12) ou por meio da betaína presente no organismo, em que pode ser produzida a  
11 partir da colina (BERTECHINI,2016). Assim, a metionina é por vezes, um potencial doador  
12 de metil para as reações de metilação.

13 A colina pode regenerar a metionina por uma reação de transmetilação, no entanto  
14 não pode repor a metionina que irá para o processo de síntese de proteína. A remetilação da  
15 metionina para produzir homocisteína da mesma forma pode fornecer grupos metílicos para  
16 síntese de colina, essa reação ocorre como um início para síntese de cisteína a partir de  
17 metionina. Enquanto a desmetilação de metionina para formar homocisteína é reversível, a  
18 transulfuração de homocisteína é uma reação irreversível, significando que a metionina não  
19 pode ser sintetizada via transulfuração e metilação de cisteína (Leeson e Summers, 2001).  
20 Reações representadas na Figura 1.



23  
24 **FIGURA.** Ciclo de metionina, pelas vias metabólicas de metionina à cisteína e metionina à  
25 colina (modificada de Haynes,2002)

26  
27 A betaína atua como doadora de grupos metil nos processos metabólicos, e  
28 principalmente nas reações de remetilação da homocisteína em metionina. Então ela poupa a  
29 metionina por meio da reciclagem da homocisteína (LEVER, 2010). Em função de seu alto  
30 potencial em doar grupos metílicos, a betaína pode ser incorporada nas dietas de aves com o  
31 objetivo de economizar metionina e colina (SAKOMURA et al., 1996). Attia et al. (2005)  
32 estudaram três níveis de inclusão de metionina (0,32; 0,37 e 0,42%) em dietas de frangos de  
33 corte. A cada nível de metionina foi acrescentado (ou não) 0,035 e 0,070 % de betaína, para o  
34 período experimental de 1 a 56 dias. Nas dietas com 0,32 e 0,37 % de metionina, a

1 suplementação aumentou de forma significativa o ganho de peso em 5,1 e 9,0 % e melhorou a  
2 conversão alimentar em 8,4 e 12,0 %, em relação ao grupo não suplementado,  
3 respectivamente. Estes resultados indicaram que suplementação de betaína para 0,32 ou 0,37  
4 % do conteúdo de metionina na dieta melhorou significativamente o ganho de peso e  
5 conversão alimentar, em comparação com pintos alimentados com dieta contendo 0,42 % de  
6 metionina, os quais mostraram respostas equivalentes ao tratamento controle (sem betaína),  
7 tanto para o nível médio quanto para o elevado de suplementação de betaína.

8 Em estudos, Pillai et al. (2006) observaram que a adição de colina ou betaína em  
9 dietas com deficiência marginal em aminoácidos sulfurados resultaram em aumento no ganho  
10 de peso de frangos de corte. Em contra partida, Reis et al. (2012), ao testarem quatro níveis de  
11 colina (0, 500, 1000, 1500mg/ kg de ração) na alimentação de codornas de postura com nível  
12 de metionina+cistina digestível de 0,910%, concluíram que não há necessidade de inclusão de  
13 colina na dieta. Enquanto que, no experimento realizado por Khairani et al. (2016), testando  
14 três níveis de metionina (0,19; 0,79 e 1,05%) e dois níveis de cloreto de colina (0 e 1500 ppm)  
15 na alimentação de codornas de postura verificaram que a adição de 1500 ppm de cloreto de  
16 colina pode substituir até 75,95% de DL-metionina dietética, já que a produção de ovos,  
17 massa de ovos e peso de ovo foi aumentada.

18 Rao et al. (2011) acrescentaram 800g de betaína por tonelada à ração de frangos com  
19 cinco diferentes concentrações de metionina (15; 18; 20; 22 e 24 g Met/ kg). A suplementação  
20 de betaína foi eficaz no crescimento de frangos de corte (fase inicial), na eficiência de  
21 conversão alimentar e rendimento do peito na carcaça de frangos, alimentados com dieta  
22 contendo concentrações subótimas de metionina (15g/ kg). Quando foram utilizadas maiores  
23 concentrações de metionina, a suplementação com betaína não apresentou melhorias.

#### 24 **4.MATERIAL E MÉTODOS**

26 O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais  
27 da Universidade Federal da Paraíba (CEUA/UFPB), inscrito sob protocolo nº 142/2017.

#### 28 **Local**

30 O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Federal da  
31 Paraíba, Campus Areia, PB com duração de 135 dias, dividido em sete ciclos de 15 dias cada.

#### 32 **Aves e manejo experimental**

34 Foram utilizadas 504 codornas fêmeas da espécie *Cortunix cortunix japonica* de 74  
35 a 208 dias de idade, alojadas em gaiolas convencionais galvanizadas com dimensões de 30 ×  
36 30 × 15 cm (postura). Foi utilizado um programa de luz (natural + artificial) de 17 horas por  
37 dia das 5h às 22h) feitas por lâmpadas fluorescentes, sob temperatura ambiente durante todo  
38 período experimental. A mortalidade e as sobras de ração foram contabilizadas para  
39 determinação do consumo de ração pelas aves.

40 O período experimental foi de 135 dias, tendo início aos 104 dias de vida das  
41 codornas, quando estas se encontravam com média de 81± 5,84% de postura. Utilizou-se um  
42 período de duas semanas anterior ao início do experimento para controle da produção de ovos  
43 como meio de certificar a produtividade das aves de cada parcela. Posteriormente, as aves  
44 foram distribuídas em sete tratamentos com nove repetições e oito aves cada unidade  
45 experimental, totalizando 63 parcelas. . As aves foram submetidas por um período de  
46 adaptação aos tratamentos de 30 dias (74 - 103 dias), as análises foram realizadas em sete  
47 períodos de 15 dias que consistiu nas avaliações de desempenho, sendo que para as

1 características de qualidade dos ovos foram avaliados os três últimos dias de produção de  
2 cada ciclo, totalizando 21 dias de coleta de dados para cada tratamento.  
3 As aves foram utilizadas em esquema fatorial 3x2+1 (três formas de uso Betaina ‘OnTop,  
4 Reformulada 100% e Reformulada 105%’, duas formas de uso da colina, ‘Sem e Com’, mais  
5 um tratamento controle), em delineamento inteiramente casualizado, totalizando sete  
6 tratamentos, com nove repetições de oito aves por unidade experimental. Os tratamentos  
7 correspondem às dietas, contendo duas formas de valorização da betaína isoladas ou associada  
8 ao cloreto de colina, compostos por:  
9 Tratamento 1: Controle com uso normal de DL-Met, L-Lys e L-Thr;  
10 Tratamento 2: Controle + Betaína OnTop;  
11 Tratamento 3: Controle + Betaína OnTop + Colina 70%;  
12 Tratamento 4: Controle + Betaína Reformulada 100% ;  
13 Tratamento 5: Controle + Betaína Reformulada 100% + Colina 70%;  
14 Tratamento 6: Controle + Betaína Reformulada 105% e;  
15 Tratamento 7: Controle + Betaína Reformulada 105% + Colina 70%.

16

17 As rações foram formuladas conforme as recomendações de Rostagno et al.( 2017)  
18 para exigência das aves na fase experimental à base de milho e farelo de soja. A betaína  
19 entrou no nível de enriquecimento de 20% do nível de metionina digestível recomendado nas  
20 rações ontop, enquanto nas dietas com uso da betaina reformulada, o nível de enriquecimento  
21 foi da matriz nutricional do produto (100%) e com valorização extra de 5% (105%), até o  
22 limite de 20% de dMet da dieta controle (80% oriundo da DL-Metionina, 20% oriundo da  
23 Betaina). O cloreto de colina entrou nas dietas na dose fixa de 0,07%.

24 Foi realizado fornecimento de ração para consumo de 30g diários, fracionado para  
25 duas vezes ao dia pela manhã às 07:00h e a tarde às 16:00h e água *add libitum*.

26 No final do experimento foi realizada a pesagem das aves de cada unidade  
27 experimental, para realização das coletas das avaliações posteriores. Após a pesagem foram  
28 selecionadas duas aves dentro do peso médio da parcela e estas foram submetidas a um jejum  
29 de seis horas e receberam a água a vontade. As aves foram insensibilizadas por eletronarcose  
30 seguida de exsanguinação e após coleta do material para análise, as carcaças foram destinadas  
31 ao consumo humano.

1  
2  
3

Tabela 1. Composição das rações experimentais para codornas japonesas em postura suplementadas com betaína ontop e reformulada de forma isolada ou em associação com colina

Descrição	DC	BetTop	BetTop + Col	BetRef	BetRef + Col	BetRef5	BetRef5 + Col
Milho	53,048	53,048	53,048	53,086	53,086	53,096	53,096
Farelo de Soja 45%	35,262	35,262	35,262	35,267	35,267	35,266	35,266
Calcário	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
Óleo de Soja	2,124	2,124	2,124	2,167	2,167	2,165	2,165
Fosfato Bicálcico	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195
Sal	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346
Inerte	0,235	0,108	0,038	0,148	0,078	0,148	0,078
DL-Metionina	0,344	0,344	0,344	0,217	0,217	0,211	0,211
L-Lisina	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
Colina	---	---	0,070	---	0,070	---	0,070
Mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Vitamina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Betaína 100%	---	0,127	0,127	0,127	0,127	---	---
Betaína 105%	---	---	---	---	---	0,127	0,127
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Descrição	Unidade	Control e	BetTop	BetTop + Col	BetRef	BetRef + Col	BetRef5	BetRef5 + Col
Proteína Bruta	%	20,681	20,681	20,681	20,670	20,670	20,670	20,670
Cálcio	%	3,158	3,158	3,158	3,158	3,158	3,158	3,158
Fósforo Disponível	%	0,327	0,327	0,327	0,327	0,327	0,327	0,327
E. Met. Aves	kcal/kg	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Ile Dig. Aves	%	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Lys Dig. Aves	%	1,107	1,107	1,107	1,107	1,107	1,107	1,107
Met Dig. Aves	%	0,633	0,633	0,633	0,634	0,634	0,634	0,634
M+C Dig. Aves	%	0,908	0,908	0,908	0,908	0,908	0,908	0,908
Thr Dig. Aves	%	0,699	0,699	0,699	0,698	0,698	0,698	0,698
Trp Dig. Aves	%	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Val Dig. Aves	%	0,868	0,868	0,868	0,868	0,868	0,868	0,868
Sódio	%	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155
Cloro	%	0,250	0,250	0,250	0,278	0,278	0,279	0,279
Potássio	%	0,794	0,794	0,794	0,794	0,794	0,794	0,794

4 DC = dieta controle com uso normal de metionina, lisina e treonina; BetTop = controle com betaína on top;  
5 BetTop+Col = controle com betaína on top e colina; BetRef = controle com betaína reformulada 100%; BetRef  
6 +Col = controle com betaína reformulada a 100% e colina; BetRef5 = controle com betaína reformulada 105%;  
7 BetRef5 +Col = controle com betaína reformulada a 105% e colina.

8

### 9 Variáveis avaliadas

10

11 O conteúdo de aminoácidos das dietas foi determinado utilizando um sistema de  
12 cromatografia líquida de alta performance com permuta iônica Waters (HPLC) (GC-9A,  
13 SHIMADZU, JAPAN) de acordo com a AOAC método 994.12. As amostras serão  
14 hidrolisadas usando HCL 6 M a 110 ° C durante 24 h, e Betaína será determinada de acordo  
15 com o método AOAC (AOAC, 1990).

16 A energia bruta (EB) das dietas foi determinada por meio da bomba calorimétrica  
17 isoperibólica, modelo C2000, marca IKA Werke GmbH & Co. KG (Staufen, Alemanha), em  
18 duplicata. O cálcio (Ca) foi determinado por espectrometria de absorção atômica,

1 equipamento AAnalyst 200, marca PerkinElmer (Waltham, Estados Unidos), e o fósforo total  
2 (P) por colorimetria (TEDESCO et al. 1995).

#### 4 **Parâmetros de desempenho produtivo**

5 O desempenho produtivo das aves foi observado durante todo o período  
6 experimental, no final de cada período foi realizado a pesagem dos ovos (g), da oferta de  
7 ração e das sobras dos comedouros. Através dessas medidas, foram calculadas as respostas de  
8 desempenho para consumo de ração por ave por dia (CR/ave/dia, em g), massa média de ovos  
9 por ave por dia (MO/ave/dia, em g), conversão alimentar por massa de ovos (CA/MO),  
10 conversão alimentar por dúzia (CA/Dz). O consumo de ração foi obtido pela diferença da  
11 quantidade de ração fornecida no início de cada ciclo pelas sobras no final do ciclo. A  
12 conversão alimentar foi calculada de duas maneiras: dividindo-se o consumo de ração pela  
13 produção em dúzias de ovos (kg/dúzia de ovos) e, dividindo-se o consumo de ração pela  
14 massa de ovos (kg/massa de ovos) durante o período experimental.

15 O peso médio do ovo (PM ovo) corresponde ao peso de todos os ovos nos últimos  
16 três dias de cada ciclo de cada parcela experimental, já o percentual de postura (%PR)  
17 corresponde à produção diária, para isso, os ovos foram coletados duas vezes ao dia, às 8h e  
18 às 17h e contabilizados e registrados para realização dos cálculos.

#### 20 **Parâmetros de qualidade externa e interna dos ovos**

21 A avaliação da qualidade dos ovos foi realizada nos três últimos dias de cada ciclo de  
22 15 dias. Foram coletados todos os ovos, higienizados, secos ao ar, acondicionados em  
23 bandejas de papel para análise de qualidade externa e interna. Posteriormente, os ovos de cada  
24 parcela foram pesados e realizados o peso médio, em seguida, foram selecionados e  
25 identificados três ovoshomogêneos (próximo ao peso médio) para essas análises.

26 A qualidade externa dos ovos foi avaliada através do peso do ovo, da gravidade  
27 específica, da porcentagem de casca, da espessura de casca e resistência de casca. Todos os  
28 ovos coletados foram pesados com auxílio de uma balança digital com capacidade de 1kg  
29 com variação de 0,01g, realizado o peso médio e selecionado três ovos mais homogêneos para  
30 pesagem individual. A gravidade específica foi obtida por imersão dos ovos em soluções  
31 salinas, todos os ovos íntegros coletados foram imersos em soluções de NaCl com densidade  
32 variando de 1,005 a 1,100 g/cm<sup>3</sup>, com intervalos de 0,005 g/cm<sup>3</sup> entre elas, sendo a  
33 densidade da solução aferida por meio de um densímetro. Os ovos, em função de sua  
34 densidade, foram classificados conforme sua gravidade específica. Foi realizada a retirada dos  
35 resíduos de albúmen e gema da casca que possivelmente permanece no interior após quebra,  
36 foram colocadas para secar em uma estufa de 105°C a 40°C num período de 12 horas e após  
37 secagem. Os pesos das cascas dos ovos foram obtidos utilizando balança com precisão de  
38 0,01 g e foi calculada a percentual de casca em relação ao peso dos ovos. Posteriormente, foi  
39 mensurada a espessura da casca na área centro-transversal do ovo por meio de micrômetro  
40 com gradações de 0,01 mm. O valor definido como espessura de casca foi obtido através do  
41 valor médio das duas mensurações de cada ovo. O teste de resistência foi conduzido usando  
42 um Texturômetro Texture Analyser - TAXT2 com um movimento de haste de 5 mm/minuto e  
43 com carga de 25 kg. Os ovos foram apoiados sobre a base com auxílio de um cadinho, os  
44 valores foram gerados pelo sistema computadorizado do texturômetro utilizado.

45 A qualidade interna dos ovos foi avaliada através do peso relativo da gema, do peso  
46 relativo e altura do albúmen. Para estas mensurações, foram selecionados três ovos mais  
47 homogêneos (próximo ao peso médio) de cada parcela, identificados, pesados e quebrados.

1 As gemas foram pesadas individualmente em uma balança digital para determinação  
2 do peso relativo da gema em relação ao peso total do ovo que foi calculada da seguinte forma:  
3 Peso relativo (Gema) = (peso da gema/peso total ovo) x 100. Entretanto, o percentual de  
4 albúmen foi determinado pela diferença dos constituintes que compõe o peso do ovo:  
5 Albúmen (%) = 100 – (% de gema + % de casca), conforme metodologia descrita por  
6 (SANTOS et al. 2009). A altura do albúmen foi obtida pela medida realizada, entre a  
7 superfície onde o ovo foi quebrado e a intercessão entre o albúmen e a gema, com o auxílio de  
8 um paquímetro digital em uma superfície plana de vidro.

## 9 10 **Histologia**

11 A análise morfométrica da mucosa intestinal foi realizada ao término do  
12 experimento, utilizando uma ave por unidade experimental, totalizando nove aves por  
13 tratamento. O fragmento do intestino delgado foi retirado a partir da porção distal da alça  
14 duodenal até o divertículo de Meckel.

15 Após a colheita, as amostras foram lavadas em solução salina, fixados em formol  
16 10%, e em seguida desidratadas em uma série de concentrações crescentes de álcoois,  
17 diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. Foram feitos cortes histológicos transversais e  
18 semisseriados, com sete micrômetros de espessura e corados pelo método de Hematoxilina-  
19 Eosina.

20 Foram efetuadas 20 medidas (10 medidas para altura de vilo e 10 para profundidade  
21 de cripta) para o segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do  
22 vilo, coincidente com a porção superior das criptas até seu ápice. As criptas foram medidas da  
23 sua base até a região de transição cripta: vilo.

24 Foram utilizadas duas aves por unidade experimental, para cada animal foram  
25 realizadas 4 medidas de 500 micrometros e em cada medida dessa se contou o numero de  
26 células caliciformes. Foi realizada contagem diferencial 100 células com auxílio do  
27 microscópio ótico utilizando-se objetiva de imersão em óleo com aumento de 100X.

28 A gordura do fígado foi determinada pela metodologia proposta por Folch et al.  
29 (1957) e, para determinação da concentração de glicogênio hepático, 500 mg de fígado foram  
30 colocados em 2mL de solução de KOH 30%, em tubos de centrifugação de vidro, segundo  
31 metodologia proposta por Krisman (1962). Os resultados de mensuração de glicogênio foram  
32 expressos em porcentagem.

## 33 34 **Análises estatísticas**

35 As variáveis avaliadas foram submetidas a análises estatísticas foram realizadas por  
36 meio do programa software estatístico SISVAR (2000), utilizando-se os procedimentos para  
37 análise de variância pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

38 O modelo estatístico para as análises de variância para todas variáveis foi:

39  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$  em que:

40  $Y_{ijk}$  = valor observado relativo às aves alimentadas com ração contendo betaína i e  
41 colina j na repetição k;

42  $\mu$  = média geral do experimento;

43  $\alpha_i$  = efeito do uso de betaína;

44  $\beta_j$  = efeito do uso de colina;

45  $\alpha\beta_{ij}$  = efeito da interação das formas de betaína com o efeito do uso ou não de colina;

46  $\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

## 5. RESULTADOS

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação da betaína de forma isolada ou em associação com colina para a produção média de ovos (PR), consumo de ração (CR), massa de ovo (MO), conversão em massa de ovo (CMO) e conversão em caixa de ovo (CCX30) na Tabela 2. Assim também, não apresentaram interação significativa sobre o modo de valorização de betaína e associação à colina.

A produção média de ovos não foi influenciada ( $P=0,81$ ) pela suplementação da betaína nas diferentes formas de uso e valorização da betaína com associação de cloreto de colina na ração das aves. Não houve efeito da valorização de uso da betaína sobre a variável, ( $P=0,87$ ). De mesmo modo que, também não apresentou diferença sob a associação de colina nas dietas, para a mesma ( $P=0,32$ ). Assim também, não apresentaram interação significativa sobre o modo de valorização de betaína e associação à colina. ( $P=0,48$ ) para taxa de postura.

Não foram observadas diferenças significativas para consumo de ração ( $P=0,88$ ), expressos na Tabela 2, nos períodos em que as aves foram suplementadas com as diferentes formas de uso e valorização da betaína com associação à colina. Não houve efeito da valorização de uso da betaína sobre esta variável ( $P=0,73$ ). De mesmo modo que, também não apresentou diferença sob a associação de colina nas dietas, para a mesma ( $P=0,53$ ). Não apresentou interação significativa sobre o modo de valorização de betaína e associação à colina.

O tratamento BetRef5+Col apresentou maior peso de ovo, comparando com a dieta controle, porém não diferiu dos demais tratamentos que apresentaram médias intermediárias. Quanto a forma de uso da betaína o tratamento controle apresentou menor peso de ovo ( $P=0,01$ ), não havendo diferença entre os outros tratamentos. Para esta variável, os tratamentos que tiveram a utilização de colina mostraram um maior valor, comparado aos que não receberam colina nas dietas ( $P=0,02$ ).

As variáveis, massa de ovo (MO)  $P=0,88$ , conversão em massa de ovo (CMO)  $P=0,90$  e conversão em caixa de 30 ovos (CCX30)  $P=0,83$  não apresentaram diferenças significativas entre as médias. Para estas variáveis não houve diferença significativa quanto à valorização da betaína e o uso de colina ( $P=0,72$ ), ( $P=0,76$ ) e ( $P=0,92$ ), respectivamente.

Para todas as variáveis não houve interação quanto à forma de uso da betaína com associação com colina.

Tabela 2. Parâmetros de desempenho zootécnico das aves suplementadas com as diferentes formas de uso e valorização da betaína com ou sem uso de colina período de 134 a 208 dias

Tratamentos	Parâmetros de desempenho						
	PR	CR	PMO	MO	CMO	CCX30	
DC	89,898	25,895	11,264b	23,312	3,880	0,869	
BetTop	92,140	26,596	11,654ab	24,538	3,779	0,867	
BetTop+Col	90,083	26,342	11,705ab	23,801	3,823	0,879	
BetRef100	91,454	26,150	11,619ab	23,925	3,857	0,860	
BetRef100+Col	89,957	26,538	11,627ab	23,916	3,802	0,889	
BetRef105	90,841	26,457	11,571ab	24,061	3,804	0,876	
BetRef105+Colina	90,514	26,650	11,914 <sup>a</sup>	24,206	3,785	0,885	
Media geral	90,698	26,375	11,622	23,965	3,819	0,875	
Valor de P	0,811	0,883	0,022	0,878	0,904	0,830	
SEM	1,163	0,488	0,117	0,650	0,071	0,015	
C.V.(%)	3,84	5,54	3,01	8,12	5,54	5,07	
Betaína	DC	89,898	25,895	11,264b	23,312	3,880	0,869
	BetTop	91,11	26,469	11,680 <sup>a</sup>	24,169	3,801	0,873
	BetRef100	90,706	26,344	11,623 <sup>a</sup>	23,920	3,830	0,874

	BetRef105	90,678	26,553	11,742 <sup>a</sup>	24,133	3,795	0,880
	Valor de P	0,866	0,725	0,012	0,7169	0,7627	0,9216
	SEM	0,918	0,385	0,092	0,512	0,0557	0,0116
Colina	Sem	91,083	26,274	11,527 <sup>b</sup>	23,959	3,830	0,868
	Com	90,185	26,510	11,749 <sup>a</sup>	23,974	3,803	0,884
	Valor de P	0,3161	0,53	0,016	0,975	0,622	0,170
	SEM	0,627	0,263	0,063	0,350	0,038	0,008
Interação		0,4762	0,9975	0,998	0,639	0,623	0,683

\*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DC = dieta controle com uso normal de metionina, lisina e treonina; BetTop = controle com betaína on top; BetTop+Col = controle com betaína on top e colina; BetRef = controle com betaína reformulada 100%; BetRef+Col = controle com betaína reformulada a 100% e colina; BetRef5 = controle com betaína reformulada 105%; BetRef5 +Col = controle com betaína reformulada a 105% e colina.

\*PR= produção de ovos (%); CR= consumo de ração; PMO= peso médio de ovo; MO= massa de ovo; CMO= conversão em massa de ovos; CCX30= conversão em caixa de 30 ovos.

As codornas que apresentaram maior percentual de casca foram as que receberam o tratamento BetRef (P=0,006), contudo não diferiram daquelas dos tratamentos DC, BetTop, BetRef e BetRef+Col. As codornas do tratamento foram as que apresentaram menor peso relativo de casca, entretanto, não diferiram daquelas do tratamento BetTop+Col.

As aves que receberam a forma OnTop tiveram menor percentual de casca (P=0,07), porém não diferiram das aves que receberam as formas DC, ReFor e ReFor5. Para esta variável as aves que não receberam o cloreto de colina nas dietas apresentaram maior percentual de casca (P=0,0002), comparando as aves dos tratamentos que receberam.

Para as variáveis, percentual de albúmen (P= 0,44) e gema (P=0,97) não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Assim como, também não todas variáveis não apresentaram diferenças significativas, quanto à forma de uso de betaína. Para o uso colina, os tratamentos associados à colina na dieta apresentaram maior peso de ovo (P=0,008). Em contra partida as variáveis percentual de albúmen (P=0,09) e percentual de gema (P=0,79) não apresentaram diferenças significativas entre as médias. Para estas variáveis não houve interação quanto à forma de uso da betaína ou associação com colina.

Para as variáveis, espessura de casca (P=0,08), resistência de casca (P=0,41) e gravidade específica (P=0,39) não houve diferença significativa entre os tratamentos durante o período experimental. As aves não apresentaram diferença significativa para estas variáveis quanto à valorização da betaína (P=0,72), (P=0,61) e (P=0,41), respectivamente. Já quanto ao uso de colina, as aves que não receberam colina nas dietas apresentaram uma maior espessura de casca (P=0,007). Para estas variáveis não houve interação quanto à forma de uso da betaína com associação com colina.

Tabela 3. Parâmetros de qualidade interna e externa do ovo das aves suplementadas com as diferentes formas de uso e valorização da betaína com ou sem uso de colina no período de 134 a 208 dias

Tratamentos	Parâmetros de qualidade interna e externa do ovo					
	Casca%	Albúmen%	Gema %	Espessura casca,mm	Grav. esp , g/cm <sup>3</sup>	Resistência casca,gf
DC	8,568ab	60,935	30,330	0,233	1,073	1,197
BetTop	8,440abc	60,646	30,594	0,234	1,072	1,208
BetTop+Col	8,282c	60,710	30,374	0,229	1,074	1,155
BetRef100	8,437abc	60,730	30,507	0,239	1,076	1,134
BetRef100+Col	8,398abc	60,156	30,460	0,229	1,072	1,158
BetRef105	8,622 <sup>a</sup>	60,557	30,347	0,234	1,072	1,182
BetRef105+Colina	8,292bc	60,223	30,671	0,230	1,072	1,125

Média geral		8,434	60,565	30,469	0,233	1,073	1,166
Valor de P		0,006	0,440	0,975	0,084	0,409	0,391
SEM		0,064	0,273	0,288	0,002	0,002	0,030
C.V.(%)		2,26	1,35	2,83	3,16	0,47	7,65
Betaína	DC	60,935ab	30,330	30,330	0,233	1,073	1,197
	BetTop	60,678b	30,484	30,484	0,231	1,073	1,181
	BetRef100	60,443ab	30,483	30,483	0,234	1,074	1,146
	BetRef105	60,390ab	30,509	30,509	0,232	1,072	1,154
	Valor de P	0,072	0,963	0,963	0,609	0,638	0,412
	SEM	0,215	0,227	0,227	0,002	0,001	0,023
Colina	Sem	60,717 <sup>a</sup>	30,444	30,444	0,235 <sup>a</sup>	1,074	1,180
	Com	60,363b	30,502	30,502	0,230b	1,072	1,146
	Valor de P	0,0002	0,795	0,795	0,0065	0,4047	0,1376
	SEM	0,147	0,155	0,155	0,00132	0,0009	0,01604
Interacao		0,9975	0,9975	0,412	0,9975	0,1849	0,9975

\*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DC = dieta controle com uso normal de metionina, lisina e treonina; BetTop = controle com betaína on top; BetTop+Col = controle com betaína on top e colina; BetRef = controle com betaína reformulada 100%; BetRef+Col = controle com betaína reformulada a 100% e colina; BetRef5 = controle com betaína reformulada 105%; BetRef5+Col = controle com betaína reformulada a 105% e colina.

\*Esp.casca = espessura de casca; Res.casca = resistência de casca; Grav.esp. = gravidade específica.

Os valores médios observados para as variáveis morfológicas das aves encontram-se apresentadas na Tabela 4.

Houve efeito significativo dos tratamentos para todas as variáveis (profundidade de cripta, altura de vilo e a relação entre altura de vilo e a profundidade de cripta) e apresentou interação entre a valorização da betaína e associação de colina na variável profundidade de cripta, apresentados na Tabela 4.

Para a profundidade de cripta ( $P=0,001$ ), as aves do tratamento BetRef5 foram as que apresentaram maior profundidade, contudo não diferiram dos tratamentos DC, e BetTop BetTop+Col e BetRef+Col. Por outro lado o tratamento BetRef5+Col obteve menor valor, que por sua vez, também não apresentou diferenças entre as médias dos tratamentos DC, BetTop e BetTop+Col e BetRef. Não houve diferenças significativas para valorização de uso da betaína ( $P=0,007$ ). As médias não diferiram entre si em relação às formas de uso da betaína. E não houve um efeito significativo sobre a associação do cloreto de colina para esta variável ( $P=0,287$ ) não diferindo as médias dos tratamentos do uso ou não uso de cloreto de colina nas dietas. Quanto a interação da valorização da betaína com o uso da colina, as aves que receberam a dieta ReFor com o uso da colina apresentaram uma maior profundidade de cripta ( $P=0,005$ ), porém não houve diferença das aves que receberam o tratamento OnTop. Enquanto que, as aves que receberam o tratamento ReFor5 apresentaram menor valor, que por sua vez, também não diferiram da média das codornas que receberam a dieta OnTop. Já as aves que receberam as dietas sem o uso de colina, o tratamento ReFor5 apresentou um maior valor ( $P=0,002$ ), no entanto não apresentou diferença ao tratamento DC. O tratamento ReFor5 apresentou menor profundidade de cripta, no entanto, não se diferiu dos tratamentos DC e OnTop.

A altura de vilo foi afetada pelos tratamentos ( $P=0,001$ ). As médias das aves dos tratamentos BetTop, BetRef e BetRef+Col não foram diferentes entre si, estando intermediários os tratamentos DC, BetTop+Col e BetRef5, no entanto, as codornas do tratamento BetRef5+Col apresentaram a menor altura de vilo. Enquanto que, a forma de uso ReFor5 apresentou menor altura de vilo, que por sua vez, também não diferiu das formas de

1 uso DC e BetTop. Na utilização de colina houve uma diferença (P<0,01), os tratamentos que  
2 utilizaram colina apresentaram maior valor nesta variável.

3 As codornas do tratamento BetRef5 apresentaram maior relação Vilo:cripta  
4 (P=0,002) comparado com o tratamento BetRef, porém não foram diferentes dos tratamentos  
5 DC e BetRef5+Col. As aves do tratamento BetRef foram as que apresentaram menor  
6 valor,mas não diferiram das codornas dos tratamentos BetTop, BetTop+Col, BetRef+Col e,  
7 estes por sua vez, também não diferiram das aves dos tratamentos DC e BetRef5+Col. Na  
8 valorização de uso da betaína, a forma do tratamento ReFor apresentou maior altura de vilo  
9 (P<0,004), no entanto, não diferiu dos tratamentos que utilizaram as formas de uso DC e  
10 BetTop. Quando utilizou a forma ReFor5 esta variável apresentou maior valor (P<0,01),  
11 porém não diferiu das formas DC e BetTop, que por outro lado, não diferiram da forma  
12 ReFor que apresentou menor relação vilo:cripta. Já a presença de colina, os tratamentos sem o  
13 uso de colina apresentaram maior resposta (P<0,004) em relação às dietas que foram  
14 fornecidas com colina.

15 Não houve diferença entre os tratamentos para porcentagem de glicogênio nas  
16 codornas de postura. Estes resultados permitem inferir que o uso da betaína não afetou o  
17 metabolismo hepático das aves no período de postura.

18 As aves que receberam o tratamento BetRef105+Colina apresentaram maior número  
19 de células calciformes, quando comparados com os demais tratamento. Enquanto que as aves  
20 que receberam dietas controle e betaína On Top tiveram menor número de células. Portanto a  
21 dieta reformulada a 105%,pode está menos susceptível a fatores patógenos, uma vez que as  
22 quanto maior número de células, possibilita uma maior secreção de lipoproteínas promovendo  
23 um grupo de proteínas defensivas do sistema gastrintestinal.

24  
25  
26 Tabela 4. Parâmetros histológicos das aves suplementadas com as diferentes formas de uso e valorização da  
27 betaína com ou sem uso de cloreto de colina aos 208 dias de idade

Tratamentos	Parâmetros					
	Profundidade de Cripta	Altura de Vilos	Relação Vilo/Cripta	Glicogênio Hepático	Células Calciformes	
DC	91,893abc	739,257ab	0,128 <sup>a</sup>	1,273	44e	
BetTop	83,713abc	776,208a	0,109ab	1,333	44e	
BetTop+Col	86,710abc	728,282ab	0,123ab	1,121	51c	
BetRef100	77,867bc	819,998a	0,097b	1,152	51cd	
BetRef100+Col	95,491ab	777,002a	0,126ab	1,152	61b	
BetRef105	102,622a	741,222ab	0,138 <sup>a</sup>	1,242	50d	
BetRef105+Colina	73,741c	589,894b	0,130 <sup>a</sup>	1,121	65 <sup>a</sup>	
Média geral	87,434	738,838	0,122	1,199	52	
Valor de P	0,001	0,001	0,002	0,1875	000	
SEM	4,519	34,638	0,007	0,069	0,231	
C.V.(%)	14,58	13,23	16,20	32,98	1,25	
Betaína	Sem	91,893	739,257ab	0,128ab	1,273	44d
	OnTop	85,211	752,245ab	0,116ab	1,227	47c
	Refor100	86,679	798,500a	0,112b	1,182	56b
	Refor105	88,182	665,558b	0,134 <sup>a</sup>	1,121	58a
	Valor de P	0,6673	0,0041	0,0111	0,402	<0,001000
	SEM	3,564	27,322	0,0055	0,058	0,183
Colina	Sem	89,024	769,171a	0,118 <sup>a</sup>	1,253	47b
	Com	85,314	698,393b	0,126ab	1,159	59 <sup>a</sup>
	Valor de P	0,287	0,010	0,120	0,077	<0,001000
	SEM	2,435	18,665	0,004	0,037	0,125
Interação	<0,001	0,243	0,998	<0,001	0,9975	

28 \*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
29 DC = dieta controle com uso normal de metionina, lisina e treonina; BetTop = controle com betaína on top;  
30 BetTop+Col = controle com betaína on top e colina; BetRef = controle com betaína reformulada 100%; BetRef

+Col = controle com betaína reformulada a 100% e colina; BetRef5 = controle com betaína reformulada 105%;  
BetRef5 +Col = controle com betaína reformulada a 105% e colina.

O tratamento BetRef100 apresentou maior profundidade de cripta (P=0,005) quando foi desdobrado com o uso da colina. Enquanto que, na ausência de colina o tratamento que se mostrou maior profundidade de cripta foi o tratamento BetRef105 (P=0,002), na Tabela 5. Para glicogênio hepático não houve diferença entre os tratamentos independente do uso ou não da colina.

Tabela 5. Desdobramento da forma de betaína dentro do uso de colina sobre Profundidade de cripta e Glicogênio hepático das aves suplementadas aos 208 dias de idade

Desdobramento de forma de uso da betaína dentro da presença de colina			
		Com colina	Sem colina
Profundidade de Cripta	Sem	---	91,893ab
	OnTop	86,710ab	83,713b
	Refor100	95,491 <sup>a</sup>	77,867b
	Refor105	73,742b	102,623a
	Valor de P	0,005	0,002
	SEM	4,466	4,466
Glicogênio Hepático	Sem	---	1,273
	OnTop	1,121	1,333
	Refor100	1,197	1,152
	Refor105	1,121	---
	Valor de P	0,535	0,283
	SEM	0,064	0,070

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DC = dieta controle com uso normal de metionina, lisina e treonina; BetTop = controle com betaína on top; BetTop+Col = controle com betaína on top e colina; BetRef = controle com betaína reformulada 100%; BetRef +Col = controle com betaína reformulada a 100% e colina; BetRef5 = controle com betaína reformulada 105%; BetRef5 +Col = controle com betaína reformulada a 105% e colina.

## 6. DISCUSSÃO

A suplementação de betaína manteve a produção média de ovos constante, mesmo havendo redução nos valores de metionina na matriz nutricional (Tabela 1). A metionina é o primeiro aminoácido limitante na nutrição das aves, sendo um dos fatores essenciais para uma boa produção. No entanto, ao utilizar a betaína sem redução na matriz nutricional apresentou maior valor em relação aos demais tratamentos, o que economicamente significa uma diferença grande em percentual com uma diferença de 2,183% quando comparado com o tratamento da betaína reformulada com associação da colina. Isso indica que com o uso da betaína on top sem reformulação da metionina, há maior economia dos grupos metílicos destinando –os para a produção. Isso indica que para a produção de ovo, o uso da betaína on top é mais viável do que alterar a matriz e associar com colina. Em trabalhos isolados pode ser observado que a produção pode ser influenciada. Em estudo, Teixeira et al. (2008) estudaram níveis de inclusão de colina (0; 200; 400 e 600 ppm) em fatorial com níveis de metionina (0,65 e 0,75%), observaram que somente em níveis mais baixos de metionina (0,65%) na dieta houve a necessidade da suplementação de colina para codornas japonesas em postura. Por outro lado, Vasconcelos et al. (2010), estudando os efeitos da suplementação de colina para galinhas poedeiras de uma a 44 semanas de idade, verificaram que o nível de inclusão de colina na fase de recria influencia a produção de ovos e a porcentagem de casca sem influenciar nos demais parâmetros. Já Xing e Jiang (2012) avaliaram os efeitos da suplementação dietética de betaína sobre o desempenho em poedeiras leves com 18 semanas

1 de idade, avaliando quatro níveis de betaína suplementar: 0; 0,04; 0,06; 0,08 %, observaram  
2 que aos 180 dias as aves apresentaram um aumento linear na produção de ovos a partir dos  
3 níveis de suplementação de betaína na dieta. Diante disso, a utilização da betaína demonstra  
4 bons resultados na produção, podendo proporcionar uma redução dos níveis de inclusão de  
5 DL-metionina e substituição total da colina, garantindo o mesmo desempenho.

6 Para consumo de ração das aves não houve diferença significativa, porém as  
7 codornas alimentadas com a dieta controle apresentaram menor consumo de ração. No  
8 entanto, apresentaram valores que se aproximam dos recomendados por Rostagno (2017), em  
9 que o consumo de ração para codornas japonesas na fase de postura com peso médio de 190g  
10 é de 25,85g. Isso evidencia a possibilidade de redução da inclusão de DL-metionina e de  
11 cloreto de colina na ração, na presença da suplementação de betaína, uma vez que, a presença  
12 de colina disponibiliza menor produção média de ovos. Portanto, pode-se verificar o efeito  
13 poupador de metionina, pois as aves alimentadas com a presença de betaína apresentaram  
14 maior consumo, isso implica que o uso da betaína atua na digestibilidade dos nutrientes  
15 acelerando o processo de digestão e conseqüentemente aumento no consumo.

16 Rezende (2015) avaliando relações crescentes de aminoácidos sulfurados e fontes de  
17 betaína em frangos, observou que não houve diferença no consumo de ração para as dietas  
18 testadas, no entanto, as aves alimentadas com a dieta controle apresentaram menor consumo  
19 de ração.

20 Embora o consumo de ração não tenha sido influenciado estatisticamente pelos  
21 tratamentos, observou-se que as codornas alimentadas com dieta controle apresentaram  
22 consumo 0,755g (2,83%) inferior àquelas alimentadas com betaína reformulada 105%  
23 associada à colina. Segundo Novak et al.,(2006) a redução no consumo de ração pode estar  
24 associada alteração nos níveis de aminoácidos circulantes no sangue. Em resposta as  
25 concentrações plasmáticas do aminoácido, a ave tende a diminuir o consumo, uma vez que  
26 suas exigências foram atendidas. Em função da adição de betaína reformulada a 105% e  
27 cloreto de colina nas dietas, mostra-se que estes aditivos podem está sendo insuficiente para  
28 atingir os níveis deste aminoácido necessário para atender as necessidades nutricionais das  
29 aves. Por outro lado, pode está havendo um fornecimento adequado dos grupos metílicos para  
30 desempenhar suas funções necessárias no organismo.

31 Sakomura et. al.,(2013), trabalhando com frangos com dietas contendo níveis  
32 reduzidos de metionina e colina na inclusão de betaína natural não encontraram diferença em  
33 relação a conversão alimentar das aves e observaram e que àquelas alimentadas com dietas  
34 contendo níveis reduzidos de metionina e de colina e aves submetidas a suplementação com  
35 betaína apresentaram maior consumo de ração, em relação as demais dietas, evidenciando a  
36 possibilidade de redução da inclusão de DL-metionina e de cloreto de colina na ração,  
37 conseqüentemente dos níveis de aminoácidos sulfurados na presença de suplementação de  
38 betaína.

39 Neste experimento pode-se verificar que a suplementação de betaína das dietas  
40 manteve maior peso dos ovos para os tratamentos que receberam dietas com suplementação  
41 de betaína, apresentando um peso superior aos ovos das aves que receberam a dieta controle.  
42 Segundo Leeson (1996), o teor de proteína é o principal fator que afeta o peso do ovo.  
43 Portanto, é possível observar que estes resultados sejam atribuídos à ação da betaína como  
44 doadora de grupos metílicos para formação de outros aminoácidos dependentes do ciclo de  
45 transemitilação.

46 A poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, mas o peso dos ovos  
47 depende dos níveis de aminoácidos da dieta, principalmente os sulfurados, sendo a metionina  
48 um importante fator no controle do tamanho do ovo (HARMS et al,1999). Alguns estudos  
49 evidenciam o aumento de sólidos totais dos componentes dos ovos quando utilizados níveis

1 mais altos de aminoácidos sulfurosos, influenciando diretamente no peso dos ovos  
2 (BRUMANO et al, 2010; SCHMID et al, 2011).

3 A massa de ovo não foi influenciada estatisticamente, porém verifica-se que este  
4 parâmetro é diretamente influenciado pela produção e peso de ovos, observando que os  
5 tratamentos que apresentaram maior peso de ovo consequentemente apresentaram maior  
6 massa. Verificou-se que as aves alimentadas com rações com a betaína reformulada a 105%  
7 associada à colina apresentaram maior massa de ovo quando comparada àquelas com a dieta  
8 controle. Awad et al. (2014), observaram efeito da suplementação de betaína em patos no  
9 desempenho das aves no período de postura de 24-40 semanas de idade em condições de  
10 verão, e houve aumento em massa de ovos e melhora na conversão alimentar.

11 A conversão por massa de ovo não foi influenciada, portanto este comportamento  
12 pode ser justificado pelo fato do consumo de ração e massa de ovo não serem influenciados  
13 pelos tratamentos, uma vez que os valores de massa de ovo dependem diretamente destes  
14 parâmetros.

15 A conversão por caixa de ovos não apresentou diferença, este resultado pode ser  
16 explicado devido à conversão por caixa está diretamente ligada à conversão por massa de  
17 ovos, uma vez que não houve diferença significativa para conversão por massa  
18 consequentemente não haverá uma diferença para esta variável. Em estudo realizado por Zou  
19 e Lu (2002), os autores verificaram que houve melhorias na conversão alimentar de galinhas  
20 poedeiras, fato explicado pela melhor utilização da proteína dietética, suportada pela redução  
21 dos níveis de ureia do sangue, aumento da retenção de nitrogênio e diminuição das exigências  
22 de energia metabolizável. Segundo Pereira et. al. (2010), a betaína sintética se mostrou como  
23 inibidora da morte celular e redutora do gasto de energia nas células do trato gastrintestinal.

24 Os resultados obtidos para a representação percentual dos constituintes albúmen e  
25 gema do ovo não foram significativos ( $P>0,05$ ), mostrando que a betaína atuou de forma  
26 eficaz nos tratamentos onde houve redução de metionina. Desta forma, os constituintes do ovo  
27 foram mantidos em uma proporção similar ao observado no tratamento controle. De acordo  
28 Novak et al. (2004), enquanto as lipoproteínas que constituem a gema são continuamente  
29 sintetizadas no fígado e posteriormente transportadas ao ovário, a maior parte da síntese das  
30 proteínas do albúmen ocorre no oviduto, mais precisamente no magno. Conforme Muramatsu  
31 et al. (1991) a taxa de síntese proteica nesta porção do oviduto é muito superior em relação às  
32 demais regiões, o que demanda adequado aporte de aminoácidos e proteína para formação do  
33 albúmen em um curto período de tempo. Neste caso, mudanças na concentração de  
34 aminoácido no sangue em decorrência de dietas com reduzido teor de metionina pode  
35 ocasionar efeitos na taxa de síntese no magno do que no fígado, podendo interferir de forma  
36 negativa no peso e qualidade do albúmen. Sendo assim, a redução de metionina não alterou a  
37 síntese proteica na formação dos componentes do ovo.

38 Para percentual de casca verifica-se que ao utilizar cloreto de colina houve um menor  
39 valor. Isso pode indicar que para este parâmetro não há necessidade de suplementação  
40 associada com cloreto de colina, sendo suficiente o uso da betaína para substituição da DL-  
41 metionina nas dietas para codornas japonesas.

42 A suplementação de betaína não influenciou na espessura de casca, resistência de  
43 casca e gravidade específica. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram que a redução de  
44 DL-metionina nas dietas até 25% não interfere na qualidade externa dos ovos. Sendo que, a  
45 gravidade específica dos ovos apresenta relação direta com percentual de casca e com a  
46 resistência à quebra, podendo ser utilizada como método indireto na determinação da  
47 qualidade da casca (ABDLLAH et AL., 1993).

48 A betaína é absorvida e prontamente liberada pelo intestino delgado de forma rápida.  
49 Sua absorção ocorre principalmente no duodeno por meio da borda em escovada célula

1 epitelial, na presença de um gradiente de sódio, seu acúmulo dentro da célula se dá pelo  
2 sistema de transporte ativo (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) e passivo (Na<sup>+</sup>) (MAIORKA, 2002).

3 Os vilos são compostos por células específicas com função de absorção dos  
4 nutrientes (BUENO et AL.,2012). Assim, vilos mais alongados preconizam uma maior região  
5 absorviva dos nutrientes disponíveis (AWAD et al., 2009). No entanto, é primordial a  
6 integridade destes para um bom funcionamento. A betaína tem a capacidade de estabilizar a  
7 estrutura da mucosa intestinal (KETTUNEN et al., 2001) Neste experimento, as codornas do  
8 tratamento BetRefor5+Col, se mostraram que o uso da betaína a 25% com uso do cloreto de  
9 colina desfavoreceu o aumentos de células na mucosa intestinal destas aves. Isso indica que  
10 ao substituir a metionina a 25%, não se faz necessário, a adição de colina na dieta, para o  
11 desenvolvimento de células funcionais na mucosa intestinal e conseqüentemente maior  
12 alongamento das suas vilosidades (FURLAN et al., 2004).

13 Criptas com maior profundidade indicam uma eminente atividade proliferativa  
14 celular, para garantir adequada taxa de renovação dos vilos e criptas (MURUGUESAN,  
15 2013). Entretanto, criptas mais profundas demandam maior tempo de migração e  
16 diferenciação da célula encontrada na mucosa intestinal, permitindo uma quantidade de  
17 enterócitos maduros no ápice das vilosidades (GOMIDE JÚNIOR et AL.,2004), implicando  
18 no mecanismo de absorção. Esta maior profundidade pode ser ocasionada por um efeito  
19 trófico de um ingrediente ou por alguma lesão da mucosa (SERPA, 2016).

20 Neste estudo demonstrou que o uso da betaína até 105% sem associação com colina apresenta  
21 profundidade de cripta semelhante ao da dieta basal, não interferindo no desenvolvimento das  
22 vilosidades (PANDA et AL., 2009). O uso da betaina, sob as formas de aplicação associado  
23 com a colina, aumenta a profundidade de cripta, especialmente quando utilizada em modo  
24 reformulada 100%,embora com a ausência de colina o que se mostra maior profundidade de  
25 cripta é o modo de uso reformulado a 105%. Assim podemos inferir que esta variável foi  
26 influenciada pelo o uso da betaína na presença de colina.

27 As codornas que receberam dieta com betaína reformulada a 100% apresentaram  
28 menor relação entre altura de vilos e profundidade de cripta, as aves deste tratamento  
29 apresentaram um menor equilíbrio no turnover celular interferindo na sua digestão e na  
30 absorção dos nutrientes. Isso indica que para esta variável, a betaína reformulada a 100% não  
31 foi suficiente para manter o tamanho dos vilos.

32 A relação de altura de vilos e profundidade de cripta é basicamente o equilíbrio entre  
33 a renovação celular e a perda de células do ápice dos vilos, para manutenção do tamanho dos  
34 vilos, e como decorrência a capacidade digestiva e absorção intestinal (MACARI, 2002).

35 Contudo o aumento na relação altura de vilos e profundidade de cripta está diretamente  
36 correlacionada com o aumento de células epiteliais, ocasiona uma maior absorção e,  
37 conseqüentemente, melhora no desempenho (MURUGUESAN, 2013). Caso contrário, com a  
38 diminuição na altura dos vilos e uma maior profundidade de cripta, causam uma redução na  
39 absorção de nutrientes, maior secreção endógena e menor resistência a doença e como  
40 resultado piora o desempenho animal.

41 Para o glicogênio hepático, o uso de betaína associado ou não à colina, não foi  
42 influenciado, se mostrando que a betaína pode ser utilizada na dieta como poupador de  
43 metionina. Quando utiliza as formas de uso da betaína associada à colina, verifica-se que o  
44 glicogênio hepático não foi influenciado independente de ser associado ou não à colina.

45 Devido à participação nas reações de metilação no metabolismo hepático da  
46 gordura, a inclusão de betaína na dieta pode prevenir a esteatose, neste experimento foi  
47 observado que a betaína se mostrou eficiente doadora do grupo metil, atuação crucial para o  
48 ciclo de transmetilação podendo assim poupar o uso da metionina e colina, disponibilizando-as  
49 para exercer outras funções vitais no organismo. Pois a betaína age como fator lipotrófico,  
50 com a capacidade de reduzir a gordura do fígado e possui aptidão em ajudar o fígado na

1 queima de gordura e ainda age na diminuição da síndrome do fígado gordo por meio de  
2 doação de grupos metil (DOMENICI et. al., 2011; GARCIA NETO, 2004). Resultado  
3 semelhante foi obtido por Sun et al. (2008) constataram que o uso de 105% da suplementação  
4 da betaína natural em substituição da metionina, melhorou o rendimento na carne de peito de  
5 frango e reduziu o teor de gordura no fígado.

6 As células caliciformes por serem altamente polarizadas, e apresentam a membrana  
7 apical voltada para o lúmen intestinal. Estas células são especializadas em secretar um mistura  
8 de glicoproteínas que são componentes primários do muco gastrintestinal. A defesa contra  
9 patógenos é promovida por um grupo de proteínas presentes no muco denominadas  
10 defensas, que são secretadas pelas células de Paneth (DIBNER; RICHARDS, 2004). Neste  
11 trabalho a betaína se mostrou eficiente na produção destas células o que pode contribuir para a  
12 proteção do organismo animal.

## 14 7. CONCLUSÕES

15 O uso da betaína reformulada em 100 e 105% da matriz sem o uso de colina nas  
16 dietas é suficiente para atender as demandas nutricionais de codornas japonesas de 74 a 208  
17 dias de idade, podendo ser utilizada como poupadora de DL-metionina e cloreto de colina nas  
18 rações.

## 21 REFERÊNCIAS

23 AHMADI, F.; F. RAHMINI. Factors affecting quality and quantity of egg production in  
24 laying hens: A Review. **World Applied Sciences Journal**, n.12, p.327-384, 2011.

26 AKBAR,M.K.;GAVORA, J.S.;FRIARS,G.W.;GOWE,R.S. Composition of eggs by  
27 commercial size categories: effects of genetic group, age, and diet. **Poultry Science**,  
28 Champaing, v.62,n.6,p.925-933, June 1983.

30 ARAUJO, J. A, LAÉRCIO, L. G., JÂNIO, J. S. **Caracterização climática para frangos de  
31 corte no município de redenção** – pa. Enciclopédia biosfera, v.10, n.19; p. 2014.

33 ARAUJO, W. A. G.; ALBINO, L. F. T. Comercial Incubation. Transworld Research  
34 Network, 2011.

35 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). 1990. Official  
36 Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA

37 ATTIA, Y. A.; HASSAN, R.A.; SHEHATTA, M.H.; ABD EL-HADY, S. B. **Growth,  
38 Carcass Quality and Serum Constituents of Slow Growing Chicks as Affected by  
39 Betaine Addition to Diets Containing 2. Different Levels of Methionine**. International  
40 Journal of Poultry Science, v.4, n.11, p.856-865, 2005.

41 AWAD, A.L.; FAHIM, H.N.; IBRAHIM, A.F.; BESHARA, M.M. **Effect of dietary betaine  
42 supplementation on productive and reproductive performance of Domyati duck sunder  
43 summer conditions**. Egyptian Poultry Science.2014: 34 (2): 453-474.

- 1 BAIÃO, N.C.;CANÇADO,S.V. **Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo.** Caderno  
2 Técnico da Escola Veterinária, Belo Horizonte,n.21,p.43-59,1997.  
3
- 4 BAKER, D.H.; FERNANDEZ, S.R.; WEBEL, D.M.; PARSONS, C.M. 1996. **Sulfur amino  
5 acid requirement and cystine replacement value of broiler chicks during the period  
6 three to six weeks post-hatching.** Poultry Sci, 75: 737-42.
- 7 BARBOSA, N. A. A. **Avaliação de aditivos em dietas de frangos de corte.** 2009. 190 f.  
8 Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,  
9 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2009.
- 10 BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos.** 2a ed. Lavras: UFLA; 2012. 373p.
- 11 BERTECHINI, A. G. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: 4º  
12 SIMPÓSIO INTERNACIONAL E 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE  
13 COTURNICULTURA, 2010, Lavras. Anais. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais,  
14 2010.
- 15 BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos.** 1ª ed. Editora Ufla/Faepe. Lavras-MG.  
16 2004, 192 p.  
17
- 18 BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos.** Ed. UFLA. Lavras- MG, 2006. 301p.  
19
- 20 Brumano, G. 2008. **Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras  
21 leves nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade.** Tese (Doutorado).  
22 Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa-MG. 103 pp  
23
- 24 BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H. S.; ROCHA, T. C.;  
25 ALMEIDA, R. L. **Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período  
26 de 24 a 40 semanas de idade.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.1228-1236, 2010.
- 27 BUENO, R.; et al. **Efeito da influência de probiótico sobre a morfologia intestinal de  
28 codornas japonesas.** Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 49, n.  
29 2, p. 111-115, 2012.  
30
- 31 BURG, M. B.; et al. Cellular response to hyperosmotic stresses. **Physiological Reviews**, v.  
32 87, p. 1441-1474, 2007.  
33
- 34 CHEN, P.; JOHNSON, P.; SOMMER, T.; JENTSCH, S.; HOCHSTRASSER, M. 1993.  
35 **Multiple ubiquitinconjugating enzymes participate in the in vivo degradation of the  
36 yeast mata repressor.** Cell, 74: 357-369.  
37
- 38 COMBS JR,G.F. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health.**3º ed. San  
39 **Diego.** Academy Press, 2008, 526-583p.
- 40 CRAIG, S. A. S. **Betaine in human nutrition.** The American Journal of Clinical Nutrition, v.  
41 80, p. 539-539, 2004.
- 42 D'MELLO, J.P.F. 2003. **Amino acid in farm animal nutrition.** 2ª ed. Cabi. Wallingford.  
43 440 pp.  
44

- 1 DALIBARD, P.; HESS, V.; LE TUTOUR, L.; PEISKER, M.; PERIS, S.; GUTIERREZ, A.  
2 P.; REDSHAW, M. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 1st ed. Fefana Publication, Belgium,  
3 2014.
- 4 DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. **The digestive system: challenges and opportunities**.  
5 *Journal of Applied Poultry Research*, v. 13, p. 86-93, 2004.  
6
- 7 DOMENICI, F.A.; BROCHADO, M.J.F.; MARTINELLI, A.L.C.; ROCHA. M.M.; CUNHA,  
8 S.F.; ELIAS JÚNIOR, J.; ZUCOLOTO, S.; MEIRELLES, M.S.S.; VANUCCHI H.  
9 **Suplementação de betaína em pacientes com nash: diminuição da esteatose hepática**.  
10 *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. = J. Brazilian Soc. Food Nutr.* 2011; 36: 1-354.
- 11 EKLUND, M.; et al. **Potential nutritional and physiological functions of betaine in**  
12 **livestock**. *Nutrition Research Reviews*, v. 18, p. 31-48, 2005.
- 13 EL-HUSSEINY, O.M.; El Din, G.; Abdul-Aziz, M. and Mabroke, R.S. 2008. **Effect of mixed**  
14 **protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile**  
15 **tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. *Aquaculture Res*, 39: 291-300.
- 16 EL-TARABANY, M. S. **Effect of thermal stress on fertility and egg quality of Japanese**  
17 **quail**. *Journal of Thermal Biology*, v. 61, p. 38-43, 2016 4.2
- 18 FOLCH, J. **A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal**  
19 **tissues**. *J. Biol. Chem.* 1957; 226(1): 497-509.
- 20 FURLAN, R. L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Como avaliar os efeitos do uso de  
21 prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: **SIMPOSIO TÉCNICO DE**  
22 **INCUBAÇÃO, MATRIZES DE CORTE E NUTRIÇÃO**, 5., 2004, Balneário Camboriú,  
23 Santa Catarina. Anais... Balneário Camboriú, 2004. p. 6-28.  
24
- 25 FURTADO, I. M., OLIVEIRA, A., FERREIRA, D. F., OLIVEIRA, B., RODRIGUES, P. B.  
26 **Correlação entre medidas da qualidade de casca e perda de ovos no segundo ciclo de**  
27 **produção**. *Ciência Agrotécnica*, v. 25, n. 3, p. 654-660, 2001.
- 28 GARCIA NETO, M. **Avaliação da biodisponibilidade relativa entre betaína e metionina**  
29 **para frangos de corte**. 102 f. 2004. Livre Docência – Faculdade de Medicina Veterinária,  
30 Universidade Estadual Paulista. Araçatuba, 2004.
- 31 GOMIDE JUNIOR M.H.; STERZO V.; MACARI M.; BOLELI I.C. **Use of scanning**  
32 **electron microscopy for the evaluation of intestinal epithelium integrity**. *Rev Soc Bras*  
33 *Zootecn.* 2004;3:1500-1505.
- 34 GRIEP JÚNIOR, D.N. **Colina e metionina+cistina digestível para codornas em fase de**  
35 **postura**. 2017, 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe-  
36 UFS. Sergipe. 2017.
- 37 GUDEV, D.; et al. **Effect of betaine on egg performance and some blood constituents in**  
38 **laying hens reared indoor under natural summer temperatures and varying levels of air**  
39 **ammonia**. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 17, n. 6, p. 859-866, 2011.

- 1 HAMMERLE, JR. Na engineering appraisal of egg shell strength evaluation techniques.  
2 **Poultry Science**, Champaing, v.48, p.31-41,Janeiro 1969.  
3
- 4 HARMS, R. H.; HINTON, K. L.; RUSSEL, G. B. **Energy: methionine ratio and**  
5 **formulating feed for commercial layers**. Journal Applied Poultry Research, v.8, p.272- 279,  
6 1999.
- 7 HONARBAKSH, S.; et al. **Can betaine be an effective osmolyte in broiler chicks under**  
8 **water salinity stress?** Asian-Australian Journal of Animal Science, v. 20, n. 11, p. 1729-  
9 1737, 2007.
- 10 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. Disponível em , < acessado em  
11 21/11/2018>
- 12 JACOB, J. P; MILES, R. D; MATHER, F. B. **Egg quality. Gainesville: Institute off Food**  
13 **and Agricultural Science (IFAS)**. (Bulletin PS24). 2011.
- 14 JACOB,J.P., MILES, R.D., MATHER, F.B. Egg Quality. **Animal Science Department,**  
15 **Florida Cooperative Extension Service**. Institute of Food and Agricultural  
16 Sciences.University of Florida.1998
- 17 KETTUNEN, H.; et al. **Dietary betaine accumulates in the liver and intestinal tissue and**  
18 **stabilizes the intestinal epithelial structure in healthy and coccidia-infected broiler**  
19 **chicks**. Comparative Biochemistry and Physiology, v. 130, p. 759-769, 2001.
- 20 KHAIRANI; SUMIATI; WIRYAWAN, K. G. Egg Production and Quality of Quails Fed  
21 Diets with Varying Levels of Methionine and Choline Chloride. Media Peternakan, n. 39. p.  
22 34-39, 2016.
- 23 KHAIRANI; SUMIATI; WIRYAWAN, K. G. **Egg Production and Quality of Quails Fed**  
24 **Diets with Varying Levels of Methionine and Choline Chloride**. Media Peternakan, n. 39.  
25 p.34-39, 2016.
- 26 KLASING, K.C.; **Comparative Avian Nutrition**. Davis: Cab international, 1998. 350p.
- 27 LEESON, S. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. In: Curso de  
28 especializacion FEDNA: Avances em nutrición y alimentacion animal. Fundacion Espanola  
29 para el desarrollo de nutricion animal, 12., 1996, Madri. **Anais...** Madri: FEDNA, 1996.  
30 p.199-216.  
31
- 32 LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4. ed. Guelph: University Books,  
33 2001. 591p.  
34
- 35 LEVER, M.; SLOW, S. **The clinical significance of betaine, an osmolyte with a key role in**  
36 **methyl group metabolism**. Clin Biochem. 2010; 43(9): 732-744.
- 37 MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Facta, Campinas, SP, 2005.
- 38 MAGALHÃES, A. P. C. **Qualidade de Ovos Comerciais de Acordo com integridade da**  
39 **Casca, Tipo de Embalagem e Tempo de Armazenamento** .Seropédica, RJ. Dissertação de  
40 Mestrado. Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2007.

- 1 MAIORKA, A.; MACARI, M. **Absorção de minerais**. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E.  
2 Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: Funep; 2002. p. 167-173.
- 3 MARINHO, A. L. **Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas**  
4 **armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem**. Rio Largo-AL.  
5 Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Alagoas, 2011.
- 6 McDEVITT, R. M.; MACK, S.; WALLIS, I. R. **Can betaine partially replace or enhance**  
7 **the effect of methionine by improving broiler growth and carcass characteristics**. Br.  
8 Poultr. Sci., v.41, p.473-480, 2000.
- 9
- 10 METZLER-ZEBELI, B.U.; EKLUND, M.; MOSENTHIN,R. **Impact of osmoregulatory**  
11 **and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry**.  
12 World's Poultry Science Journal, v.65, p.419-441, 2009.
- 13
- 14 MOURA, A. M. A. D., OLIVEIRA, N. T. E. D., THIEBAUT, J. T. L., MELO, T. V. **Efeito**  
15 **da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos**  
16 **de codornas japonesas (Coturnix japonica)**. Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 2, p. 578-  
17 582. 2008.
- 18
- 19 MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. M. **Nutrição de Codornas Japonesas**. In:  
20 SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.;  
21 HAUSCHILD, L. Nutrição de Não Ruminantes. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p.623-641.
- 22 MURUGUESAN, G. R. **Characterization of the effects of intestinal physiology modified**  
23 **by exogenous enzymes and direct-fed microbial on intestinal integrity, energy**  
24 **metabolism, body composition and performance of laying hens and broiler chickens**.  
25 2013. 177 f. Tese (Doutorado em Nutritional Sciences) - Iowa State University, Ames. 2013.
- 26 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **NRC**. Vitamin Tolerance of Animals. Washington:  
27 National Academic Press, 1987. 96p.
- 28 NELSON, D. L.; COX, M. M. Lehninger: **Principles of Biochemistry**. 5th ed. H. W.  
29 Freeman and Company, New York, 2009.
- 30 NEVES, L.B.; MACEDO, D.M.; LOPES, A.C. **Homocisteína**. J. Bras. Patol. Med. Lab.  
31 2004;40 (5):311-320.
- 32 NOVAK, C., YAKOUT, H. M. & SCHEIDELER, S. E. The effect of dietary protein level  
33 and total sulfur amino acid:lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-  
34 Line W-98 Hens. **Poultry Science** v.85 p. 2195-2206. 2006.
- 35
- 36 NOVELLO, D., FRANCESCHINI, P., QUINTILIANO,D.A., OST, P.R.. **Ovo: Conceitos,**  
37 **análises e controvérsias na saúde humana**. Archivos Latin Americans Nutricion.  
38 UNICENTRO-Universidade Estadual do Centro Oeste – PR. Brasil, v. 56 n. 4, 2006.
- 39 PANDA, A. K. et al. Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and  
40 carcass characteristics in broiler chickens. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.  
41 22, n. 7, p. 1026-1031, 2009.
- 42

- 1 PANIZ, C.; GROTO, D.; SCHMITT, G.C.; VALENTINI, J.; SCHOTT, K.L.; POMBLUM,  
2 V.J.; GARCIA, S.C. **Fisiopatologia da deficiência de vitamina B12 e seu diagnóstico**  
3 **laboratorial.** J Bras Patol Med Lab, v. 41, n. 5, p. 323-34, 2005.  
4
- 5 PARK, B.S.; PARK, S.O. **Effects of feeding time with betaine diet on growth**  
6 **performance, blood markers, and short chain fatty acids in meat ducks exposed to heat**  
7 **stress.** Livestock Science, v. 199, p. 31–36, 2017.  
8
- 9 PASTORE, S.M., OLIVEIRA, W.P., MUNIZ, J.C.L. **Panorama da cuturnicultura no**  
10 **Brasil.** Number article 180. Nutritime Magazine, v. 9, n.6, p.2041-2049, 2012.
- 11 PEREIRA, P. W. Z. et al. **Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações**  
12 **para frangos de corte criados em aviário comercial.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39,  
13 n. 10, p. 2230-2236, 2010.  
14
- 15 PILLAI, P.B.; FANATICO, A.C.; BLAIR, M.E.; EMMERT, J.L. **Homocysteine**  
16 **remethylation in broiler fed surfeit choline or betaine and varying levels and sources of**  
17 **metionine from eight to twenty-two days of age.** Poultry Science, v. 85, p. 1729-1736,  
18 2006.  
19
- 20 PISSINATI, A., OBA, A., YAMASHITA, F., DA SILVA, C. A., PINHEIRO, J. W.,  
21 ROMAN, J. M. M. **Qualidade interna de ovos submetidos a diferentes tipos de**  
22 **revestimento e armazenados por 35 dias a 25°C.** Semina: Ciências Agrárias, v. 35, n. 1, p.  
23 531-540, 2014.  
24
- 25 RAO, S. V. R.; RAJU, M. V. L. N.; PANDA, A. K.; SAHARIA, P.; SUNDER, G S. **Effect of**  
26 **Supplementing Betaine on Performance, Carcass Traits and Immune Responses in**  
27 **Broiler Chicken Fed Diets Containing Different Concentrations of Methionine.** Asian-  
28 Australasian Journal of Animal Sciences, v. 24, n.5, p.662 – 669, 2011.
- 29 RATRIYANTO, A.; et al. **Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine**  
30 **in monogastric animals.** Asian-Australasian Journal of Animal Science, v. 22, n. 10, p.  
31 1461-1476, 2009.
- 32 RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA,  
33 D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. **Influência do período de**  
34 **armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado.** Arquivo  
35 Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n.3, p.735-742. 2012.
- 36 REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; GOMES, P.C.; PAULA, E.; MUNIZ,J.C.L.; VIANA,G.S.;  
37 MENCALHA,R.; BARBOSA, L.M.R. **Níveis de suplementação de colina na dieta de**  
38 **codornas japonesas em postura.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS),  
39 v.2, n.1., p.118-123, Julho, 2012.  
40
- 41 REZENDE, P. M. **Relações de aminoácidos sulfurados: lisina digestíveis e diferentes**  
42 **fontes de betaína nas dietas pré-inicial e inicial de frangos.** 2015. 74 f. Dissertação  
43 (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás,  
44 Goiânia. 2015.  
45

- 1 RIBEIRO, P.R.; KRONKA, R.N.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; TUCCI, F.M.;  
2 SCANDOLERA, A.J.; BUDINO, F.E.L. **Diferentes níveis de betaína sobre incidência de**  
3 **diarreia, desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de suínos.**  
4 *Braz J Vet Res Anim Sci*, 48: p. 299- 306, 2011.
- 5  
6 RODRIGUES, T.P.P.M. **Exigência de metionina+ cistina digestível para codornas**  
7 **japonesas nas fase de cria, recria e postura.** 2018. Tese (Doutorado em Zootecnia) –  
8 Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá-PR.
- 9 ROMANOFF, A.L.; ROMANOFF, A.J. **The Avian Egg.** 2 ed. New York: John Wiley &  
10 Sons, 1963. 918p.
- 11 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para**  
12 **aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4<sup>a</sup>. ed. Viçosa, MG:  
13 UFV, 2017. 488 p.
- 14 SAKOMURA N.K.; BARBOSA N.A.A.; SILVA E.P.; LONGO F.A.; KAWAUCHI I.M.;  
15 FERNANDES J.B.K. Efeito da suplementação de betaína em dietas de frangos de corte em  
16 condições de termoneutralidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2013; 8 (2): 336-341.
- 17  
18 SAKOMURA, N.K.; KIMURA, M.E.; JUNQUEIRA, O.M. et al. **Utilização de betaína em**  
19 **rações de frangos de corte.** *ARS Veterinária*, v. 12, n.1, p. 86-94, 1996.
- 20  
21 SANTANA, M.H.M.; COSTA, F.G.P.; LUDKE, J.V.; FIGEIREDO JÚNIOR, J.P. **Interações**  
22 **nutricionais entre aminoácidos sulfurosos, colina e betaína para aves.** *Archivos de*  
23 *zootecnia* vol. 63 (R), p. 69-83, 2014.
- 24  
25 SARCINELLI, M. F., VENTURINE, K.S., SILVA, L.C. **Características dos ovos.** *Boletim*  
26 *Técnico*. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Espírito Santo. 2007.
- 27  
28 SEIBEL, N. F., BARBOSA, L. D. N., GONÇALVES, P. M., SOUZA-SOARES, L. A. D.  
29 **Qualidade física e química de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas.**  
30 *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, v. 64, n. 1, p. 58- 64, 2005.
- 31  
32 SERPA, P.G. **Ácido butírico e betaína na alimentação de frangos de corte.** 2016.  
33 *Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós –Graduação em Zootecnia,*  
34 *Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP.*
- 35 SHIAU, S.Y. and Lo, P.S. 2000. Dietary choline requirements of juvenile hybrid tilapia,  
36 *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *J Nutr*, 130: 100-103.
- 37 SILVA, V.H.J., JORDÃO, F.J., COSTA, F.G.P., LACERDA, P.B., VARGAS, D.G.V.,  
38 LIMA, M.R. **Exigências nutricionais de codornas.** *Revista. Brasileira. Saúde Produção*  
39 *Animal*. Salvador, v.13, n.3, p.775-790, 2012.
- 40 SILVA, V.H.J.. **Tópicos especiais na criação de codornas no Brasil.** *Tabelas para codornas*  
41 *japonesas europeias*. Funep, Jaboticabal, 2009.
- 42 SIMON, J. 1999. Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish  
43 (including crustaceans). *World's Poultry Sci J*, 55: 353- 374.

- 1 SOARES, N.M. **Diagnóstico de mortalidade em codornas japonesas** In: V SIMPÓSIO  
2 INTERNACIONAL E IV CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA. 2013.  
3 Lavras: Anais... Lavras - MG, 2013.
- 4 SUN, H.; YANG, W.R.; YANG, Z.B.; WANG, Y.; ZIANG, S.Z.; ZHANG, G.G. **Effects of**  
5 **betaine supplementation to methionine deficient diet on growth performance and**  
6 **carcass characteristics of broilers.** Am. J. Anim. Vet. Sci. 2008; 78-84.
- 7 VASCONCELOS, R.J.C.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C. et al. Efeitos dos níveis de  
8 suplementação de colina para poedeiras comerciais de uma a 44 semanas de idade. In: VIII  
9 congresso apa produção e comercialização de ovos, São Pedro, **Anais...** 2010.
- 10 WANG, Y. Z.; et al. **The effect of betaine and DL-methionine on growth performance**  
11 **and carcass characteristics in meat ducks.** Animal Feed Science and Technology, v. 116, p.  
12 151-159, 2004.
- 13 WU, G. 2003. **Interrelationship among methionine, choline and betaine in channel**  
14 **catfish – *Ictalurus punctatus*.** Dissertação (Mestrado). Auburn University. Alabama, USA.  
15 45 pp.  
16
- 17 XING, J. and JIANG, Y. 2012. **Effect of dietary betaine supplementation on mrna level of**  
18 **lipogenesis genes and on promoter cpg methylation of fatty acid synthase (fas) gene in**  
19 **laying hens.** Afr J Biotechnol, 11: 6633-6640.
- 20 ZHAN, X. A.; et al. **Effects of methionine and betaine supplementation on growth**  
21 **performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers.** British  
22 Poultry Science, v. 47, n. 5, p. 57-580, 2006.
- 23 ZOU, X.T. and LU, J.J. 2002. Effects of betaine on the regulation of the lipid metabolism in  
24 laying hen. **Agric Sci China**, 5: 325-330.
- 25 ZULKIFLI, I.; et al. **Dietary supplementation of betaine (betafin) and response to high**  
26 **temperature stress in male broiler chickens.** Asian - Australasian Journal of Animal  
27 Sciences, v. 17, n. 2, p. 244-249, 2004.