

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RELAÇÕES ENTRE AMINOÁCIDOS SULFUROSOS E
COLINA PARA CODORNAS DE CORTE EM
CRESCIMENTO

Autora: Daiane de Oliveira Grieser
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

MARINGÁ
Estado do Paraná
Agosto - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RELAÇÕES ENTRE AMINOÁCIDOS SULFUROSOS E
COLINA PARA CODORNAS DE CORTE EM
CRESCIMENTO

Autora: Daiane de Oliveira Grieser
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

“Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Agosto – 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

G848r Grieser, Daiane de Oliveira
Relações entre aminoácidos sulfurados e colina para codornas de corte em crescimento / Daiane de Oliveira Grieser. -- Maringá, 2015.
xxiv, 112 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.

1. Codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) - Desempenho zootécnico - Metionina - Cistina. 2. Codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) - Desempenho zootécnico - Metionina - Colina. 3. Codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) - Exigência nutricional - Aminoácidos sulfurados. 4. Codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) - Homocisteína. I. Furlan, Antonio Claudio, orient. II. Pozza, Paulo Cesar, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.6

AMMA-003010



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**RELAÇÕES ENTRE AMINOÁCIDOS SULFUROSOS
E COLINA PARA CODORNAS DE CORTE
EM CRÊSCIMENTO**

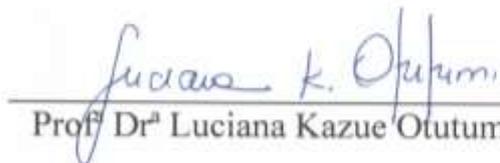
Autora: Daiane de Oliveira Grieser
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

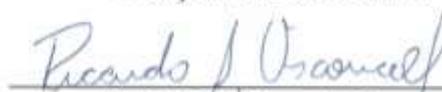
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

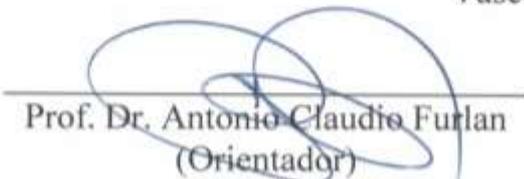
APROVADA em 01 de julho de 2015.


Profª Drª Simara Márcia Marcato


Prof. Dr. José Maurício
Gonçalves dos Santos


Profª Drª Luciana Kazue Otutumi


Prof. Dr. Ricardo Souza
Vasconcellos


Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
(Orientador)

“Não consulte seus medos, mas suas esperanças e sonhos. Não pense sobre suas frustrações, mas sobre seu potencial não desenvolvido. Não se preocupe com os fracassos, acredite naquilo que você ainda realizará”.

Papa João XXIII

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que se alinhar com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”.

Theodore Roosevelt

A Deus, pelo dom da vida, e por tudo o que me proporciona.

À minha mãe, Ivani Sutil de Oliveira, mulher batalhadora, a quem amo muito. Sua alegria contagiante de viver é a minha inspiração para seguir em frente, acreditando que nada é impossível para quem tem Deus no coração. Agradeço por ter você em minha vida.

Às minhas irmãs, Sadiane, Luciana, Weslyane, e ao meu sobrinho, Vitor, a quem amo muito, por fazerem parte da minha vida, pelo incentivo nas horas mais difíceis.

À toda minha família, meu alicerce, a razão de meu empenho, pelo amor incondicional, pela convivência agradável, enriquecedora e pelo incentivo.

Dedico com muito amor!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade concedida para a realização do curso em nível de doutorado no programa de Pós-graduação em Zootecnia, em uma Universidade renomada, com profissionais que são, acima de tudo, exemplo de vida. Agradeço ainda por guiar-me nesta qualificação profissional, a qual, com ousadia e perseverança, desafiou-me a cursar, passando por várias intempéries, superados pelo desejo de realizar esse sonho, não somente meu, mas de tantas pessoas que sonham por mim.

Dobro meus joelhos para agradecer, Senhor, por sempre estar ao meu lado, iluminando minha vida, participando das minhas conquistas, do meu crescimento profissional e pessoal, proporcionando-me o convívio com pessoas especiais, as quais me acolheram e, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pelos conhecimentos transmitidos durante o doutorado e pela contribuição na realização deste trabalho.

Agradeço com muito carinho ao Professor Dr. Antonio Claudio Furlan, pela dedicada orientação, ensinamentos, amizade e incentivos nesta etapa tão importante da minha vida.

Ao professor Dr. Paulo Cezar Pozza, pela coorientação, amizade, conselhos, dedicação, auxílio nas análises estatísticas e por disponibilizar seus materiais de laboratório para a realização de análises deste trabalho.

À professora Dr^a. Simara Márcia Marcato, por estar sempre disposta a ajudar, pela amizade, ensinamentos, incentivos, apoio incondicional, confiança e auxílio na realização deste trabalho.

À professora Dr^a. Eliane Gasparino, pelos ensinamentos, incentivos, convivência agradável e enriquecedora e por permitir que fizesse parte das atividades do seu grupo.

Ao professor Dr. Elias Nunes Martins, pela amizade e ajuda nas análises dos dados estatísticos.

À Prof^a. Lilian Cristina Vessoni Iwaki e seus orientados, Luiza Roberta Bin e Wesley Fratini, do setor de radiologia da Clínica de Odontologia da UEM, que disponibilizaram seu espaço de trabalho e tempo, ensinando e orientando nas análises de densitometria óptica.

Aos integrantes da banca de qualificação e defesa, por aceitarem o convite e contribuírem para o enriquecimento do presente trabalho.

Com carinho, ao meu grupo de trabalho: Vittor Zancanela, Caroline Espejo Stanquevis, Taynara Prestes Perine, Mariana de Fátima Ferreira Zanon, Taciana Maria de Oliveira, Eline Maria Finco, Tainara Ciuffi Euzébio, Mariani Ireni Benites, Priscila Martins, Mateus Silva Ferreira, Vinícius Cambito de Paula, Eliany Batista, Ana Paula Silva Ton, Valdebert Heidemann, Érica Grecco, Cássio Arávechia, Glenda Rosa e Tamires Portolani do Valle. Vocês fizeram o diferencial em minha vida, trabalhando em

equipe crescemos profissionalmente juntos, uns ajudando os outros na realização não só deste projeto, mas de muitos outros. Cada um deu o melhor de si e buscou melhorar sempre, apoiando, incentivando, transmitindo conhecimentos adquiridos, passando momentos alegres e divertidos juntos. Enfim, uma convivência enriquecedora e agradável, um prazer enorme de fazer parte desta grande família. Nada seria possível sem a presença de cada um de vocês, serei eternamente grata.

Agradeço, em especial, aos meus amigos Vittor Zancanela e Ana Paula Del Vesco, que estiveram comigo nesta trajetória profissional desde o mestrado, pela parceria, conselhos e incentivos nas horas mais difíceis, me ajudando a ser mais forte e a manter a calma, além de me proporcionarem momentos de muita alegria. E à Caroline Espejo Stanquevis, pelas conversas longas e descontraídas, amizade, apoio, por estar sempre disposta a ajudar.

Aos amigos da pós-graduação, Leandro Dalcin Castilha, Tiago Junior Pasquetti e Laura Marcela Diaz Huepa, pela amizade, parcerias, ensinamentos e ajuda na realização de análises laboratoriais.

A todos os colegas da Pós-graduação, em especial, Ana Flávia Quiles Garcia, Ana Paula Possamai, Emerson Henri Yoshimura, Ivan Graça Araújo, Cleiton Pagliari Sangali, Angélica de Souza Khatlab, Camila Muniz e Marcelise Regina Fachinello, obrigada pela amizade, por toda a ajuda durante a realização do doutorado, apoio e pelos momentos de descontração.

Às minhas amigas, Rebecca Ulbricht, Angélica Frias e Pollyana Priscila Schuertz Paulino, agradeço pela ajuda durante o doutorado, incentivos e convivência agradável.

À Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) e ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), por terem oferecido estrutura

necessária para a condução dos experimentos a campo e a realização das análises laboratoriais desta pesquisa.

A todos os funcionários da FEI, pela ajuda no decorrer dos experimentos, em especial ao Antônio Donizete de Moraes, da fábrica de ração, ao Luís Casari, do setor de codornas e ao Mauro dos Santos.

Aos funcionários do LANA, Cleuza Volpato, Augusto de Camargo Neto e Creuza Azevedo, pelo auxílio na realização das análises.

Ao Denílson dos Santos Vicentin, secretário do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, sempre prestativos e pela amizade. Aos secretários do Departamento de Zootecnia, Elizabete dos Santos e Francisco Wilson Oliveira, pela amizade.

À Empresa Evonik Industries[®], pela realização dos aminogramas nos alimentos utilizados nas rações.

Muito obrigada a todos, que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

DAIANE DE OLIVEIRA GRIESER, filha de Ivani Sutil de Oliveira e Sadi Luiz Grieser, nasceu em Quilombo, Santa Catarina, no dia 30 de julho de 1988.

Em março de 2005, iniciou no curso de Graduação em Zootecnia pela UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina – *Campus* de Chapecó, concluindo em julho de 2009.

Em março de 2010, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia e, no mesmo mês em 2012, submeteu-se à banca de defesa da Dissertação de Mestrado, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Ainda em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Estadual de Maringá, na área de Concentração Produção Animal, desenvolvendo estudos na área de Nutrição de Não-Ruminantes.

Submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação em 22 de maio de 2015 e, em 01 de julho de 2015, submeteu-se à defesa da Tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xxii
I - INTRODUÇÃO.....	1
1. Revisão de literatura.....	3
1.1. Coturnicultura de corte	3
1.2. Importância dos aminoácidos na nutrição de codornas	5
1.2.1. Metabolismo da metionina e cistina	6
1.2.2. Homocisteína	9
1.3. Colina.....	10
1.4. Interação metionina e colina	13
1.5. Literatura citada	13
II – OBJETIVOS GERAIS.....	18
2.1. Específicos	18
III – Exigência de metionina e cistina digestível para codornas de corte em crescimento.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
3.1. Introdução	22

3.2. Material e métodos.....	23
3.2.1. Instalações, delineamento e dietas experimentais.....	23
3.2.2. Desempenho.....	29
3.2.3. Composição e deposição química corporal	29
3.2.4. Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino	30
3.2.5. Rendimento de carcaça e cortes.....	31
3.2.6. Empenamento das codornas.....	31
3.2.7. Parâmetros ósseos	31
3.2.8. Composição química do fígado	32
3.2.9. Parâmetros sanguíneos.....	32
3.2.10. Análise estatística	33
3.3. Resultados.....	34
3.3.1. Fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade).....	34
3.3.1.1. Desempenho.....	34
3.3.1.2. Composição e deposição química corporal	35
3.3.1.3. Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino	35
3.3.1.4. Empenamento das codornas.....	35
3.3.1.5. Parâmetros sanguíneos.....	35
3.3.1.6. Parâmetros ósseos	36
3.3.2. Fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade)	43
3.3.2.1. Desempenho.....	43
3.3.2.2. Composição e deposição química corporal	43
3.3.2.3. Rendimento de carcaça e cortes.....	43
3.3.2.4. Peso relativo de órgãos e comprimento relativo do intestino	44
3.3.2.5. Empenamento das codornas.....	44
3.3.2.6. Composição química do fígado	44
3.3.2.7. Parâmetros sanguíneos.....	44
3.3.2.8. Parâmetros ósseos	45
3.4. Discussão	54
3.5. Conclusão.....	62
3.6. Literatura citada	62
IV – Substituição de metionina por colina na dieta de codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade	68
RESUMO.....	68
ABSTRACT.....	69
4.1. Introdução	70
4.2. Material e métodos.....	70
4.2.1. Instalações, delineamento e dietas experimentais.....	71
4.2.2. Desempenho.....	76
4.2.3. Composição e deposição química corporal	76
4.2.4. Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino	77
4.2.5. Rendimento de carcaça e cortes.....	78
4.2.6. Empenamento das codornas.....	78
4.2.7. Parâmetros ósseos	78
4.2.8. Composição química do fígado	79

4.2.9. Parâmetros sanguíneos.....	79
4.2.10. Análise estatística	80
4.3. Resultados	81
4.3.1. Fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade).....	81
4.3.1.1. Desempenho.....	81
4.3.1.2. Composição e deposição química corporal	81
4.3.1.3. Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino	82
4.3.1.4. Empenamento das codornas.....	82
4.3.1.5. Parâmetros sanguíneos.....	82
4.3.1.6. Parâmetros ósseos	82
4.3.2. Fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade)	89
4.3.2.1. Desempenho.....	89
4.3.2.2. Composição química corporal	89
4.3.2.3. Rendimento de carcaça e cortes.....	89
4.3.2.4. Peso relativo dos órgãos e comprimento relativo do intestino	89
4.3.2.5. Empenamento das codornas.....	90
4.3.2.6. Composição química do fígado	90
4.3.2.7. Parâmetros sanguíneos.....	90
4.3.2.8. Parâmetros ósseos	90
4.4. Discussão	99
4.5. Conclusão.....	106
4.6. Literatura citada	106
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	111

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Exigência de metionina e cistina digestível para codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade	20
Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)	25
Tabela 2 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)	26
Tabela 3 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)	27
Tabela 4 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)	28
Tabela 5 - Média semanal da temperatura e umidade dentro e fora dos boxes durante o período experimental	29
Tabela 6 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	37
Tabela 7 - Valores médios de composição química corporal aos 14 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	39
Tabela 8 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	40

Tabela 9 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	40
Tabela 10 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.....	41
Tabela 11 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	42
Tabela 12 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	46
Tabela 13 - Valores médios de composição química corporal aos 35 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.....	48
Tabela 14 - Valores médios de rendimento de carcaça de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.....	49
Tabela 15 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	50
Tabela 16 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	50
Tabela 17 - Valores médios de composição química do fígado (CFQ) de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.....	51
Tabela 18 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte no período aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.....	52
Tabela 19 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível	53
IV – Substituição de metionina por colina na dieta de codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade	68
Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL).....	72
Tabela 2 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL).....	73
Tabela 3 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL).....	74
Tabela 4 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL).....	75
Tabela 5 - Média semanal da temperatura e umidade dentro e fora dos boxes durante o período experimental	76
Tabela 6 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina.....	84

Tabela 7 - Valores médios de composição química corporal aos 14 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	85
Tabela 8 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	86
Tabela 9 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina.....	86
Tabela 10 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	87
Tabela 11 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	88
Tabela 12 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina.....	92
Tabela 13 - Valores médios de composição química corporal aos 35 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	93
Tabela 14 - Valores médios de rendimento de carcaça de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	94
Tabela 15 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	95
Tabela 16 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e colina digestível.....	95
Tabela 17 - Valores médios de composição química do fígado (QCF) de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	96
Tabela 18 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	97
Tabela 19 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina	98

LISTA DE FIGURAS

	Página
I - Introdução	1
Figura 1 – Biotransformação da metionina. Fonte: adaptado de Bydlowski et al. (1998).	8
Figura 2 – Biossíntese e utilização de colina. Citidina trifosforilcolina (CTP); acetil coenzima A (acetil COA) e adenosina trifosfato (ATP). Fonte: adaptado de Combs (2008).	11
III – Exigência de metionina e cistina digestível para codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade	20
Figura 1 - Consumo de ração (a), peso corporal (b), ganho de peso (c), biomassa corporal acumulada (d) e conversão alimentar (e) de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.	38
Figura 2 - Consumo de ração (a), peso corporal (b), ganho de peso (c) e biomassa corporal acumulada (d) de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.	47

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de estimar as exigências nutricionais de metionina e de cistina, assim como estabelecer a relação entre os aminoácidos sulfurosos e determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível por colina nas dietas de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade. Foram avaliados o desempenho zootécnico, composição química corporal e do fígado, peso dos órgãos e partes da carcaça, empenamento, rendimento corporal, parâmetros sanguíneos e ósseos das codornas. No experimento 1, objetivou-se determinar as exigências nutricionais de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd), assim como estabelecer a relação entre os aminoácidos sulfurosos no período de um a 14 dias (fase inicial) e 15 a 35 dias de idade (fase final de crescimento). Na fase inicial, foram utilizadas 2.400 codornas de corte, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,50; 0,62; 0,74 e 0,86%) e quatro níveis de Cisd (0,40; 0,53; 0,66 e 0,79%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 50 codornas por unidade experimental. O peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e a biomassa corporal acumulada (BCA) foram influenciados de forma quadrática em função dos níveis de Metd (PC, $P=0,010$), (GP, $P=0,008$), (BCA, 0,002) e Cisd (PC, $P=0,080$), (GP, $P=0,080$), (BCA, $P=0,069$) nas rações. As estimativas para o máximo PC, GP e BCA foram obtidas com rações contendo 0,66% de Metd e 0,59% de Cisd, 0,66% de Metd e 0,60% de Cisd e 0,66% de Metd e 0,54% de Cisd, respectivamente. Para a variável conversão alimentar (CA), houve

efeito quadrático ($P=0,007$), cuja estimativa da melhor CA foi ao nível de 0,64% de Metd na ração. Conclui-se que as exigências de met + cis digestíveis e a relação entre Metd:Cisd para o máximo ganho de peso de codornas de corte, foram de 1,26% (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd na ração) e 52,38%, respectivamente. Na fase final de crescimento, foram utilizadas 1.680 codornas de corte, criadas até o início do experimento no sistema convencional, não sexadas, distribuídas em um DIC, com arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,45; 0,57; 0,69 e 0,81%) e quatro níveis de Cisd (0,35; 0,48; 0,61 e 0,74%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 35 codornas por unidade experimental. O PC, GP e BCA foram influenciados de maneira quadrática em função do aumento dos níveis de Metd (PC, $P=0,067$) (GP, $P=0,069$) (BCA, $P=0,087$) e Cisd (PC, 0,004) (GP, $P=0,002$) (BCA, $P=0,002$) nas rações experimentais. As estimativas para a obtenção dos valores máximos de PC, GP e BCA foram obtidas com rações contendo 0,63% de Metd e 0,58% de Cisd. Conclui-se que as exigências de met + cis digestíveis e a relação entre Metd:Cisd para o máximo ganho de peso de codornas de corte, foram de 1,21% (0,63% de Metd + 0,58% de Cisd na ração) e 52,07%, respectivamente. No experimento 2, o objetivo foi determinar o melhor nível de substituição parcial de Metd por colina (COL) na dieta de codornas de corte no período de um a 14 dias (fase inicial) e de 15 a 35 dias de idade (fase final de crescimento). Na fase inicial, foram utilizadas 2.400 codornas de corte, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso, com arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,48; 0,54; 0,60 e 0,66%) e quatro níveis de COL (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 50 codornas por unidade experimental. O peso corporal (PC), ganho de peso (GP), biomassa corporal acumulada (BCA) e a conversão alimentar (CA) foram influenciados de forma linear em função dos níveis de Metd (PC, $P=0,058$) (GP, $P=0,050$) (BCA, $P=0,022$) (CA, $P=0,019$) e COL (PC, $P=0,002$) (GP, $P=0,002$) (BCA, $P=0,012$) (CA, $P=0,017$) nas rações. Conclui-se que a exigência de Metd para o máximo desempenho de codornas de corte, foi de no mínimo 0,66% de Metd na ração. Nos níveis de COL suplementados, não foi possível promover a complementação da exigência de Metd. Na fase final de crescimento, foram utilizadas 1.680 codornas de corte, não sexadas, criadas no sistema convencional até o início do período experimental, distribuídas em um DIC, com arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,45; 0,51; 0,57 e 0,63%) e quatro níveis de COL (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 35 codornas por unidade experimental. O PC, GP e BCA foram

influenciados de maneira linear em função do aumento dos níveis de Metd (PC, $P=0,014$) (GP, $P=0,010$) (BCA, $P=0,013$) e COL (PC, $P=0,047$) (GP, $P=0,034$) (BCA, $P=0,030$) nas rações experimentais, ocorrendo interação entre os níveis de Metd e COL, sobre PC ($P=0,053$), GP ($P=0,039$) e BCA ($P=0,035$). Conclui-se que a exigência de Metd para o máximo desempenho de codornas de corte, foi de no mínimo 0,63% de Metd na ração. Nos níveis de COL suplementados, não foi possível promover a complementação da exigência de Metd.

Palavras-chaves: cistina, *Coturnix coturnix coturnix*, desempenho zootécnico, homocisteína, metionina

ABSTRACT

Two experiments were conducted with the objective of estimating the nutritional requirements of methionine and cystine, as well as to establish the relationship between the sulfur amino acids and to determine the best level of partial substitution of digestible methionine by choline in the diets of meat-type quails (*Coturnix coturnix coturnix*) in the periods from 1-14 and 15-35 days old. We evaluated the performance, body chemistry composition and liver composition, organ weights and carcass parts, warping, body yield, blood parameters and bone of birds. Experiment 1 aimed to determine the nutritional requirements of digestible methionine (Metd) and digestible cysteine (Cysd), as well as establish the relationship between the sulfur amino acids in the period from 1 to 14 days (initial phase) and 15 to 35 days old (final phase growth). In the initial phase 2,400 not sexed meat-type quails were distributed in a completely randomized design (DIC), in a 4x4 factorial arrangement, with four Metd levels (0.50, 0.62, 0.74 and 0.86%) and four Cysd levels (0.40, 0.53, 0.66 and 0.79%), totaling 16 treatments with three replicates and 50 quails per experimental unit. The body weight (BW), weight gain (WG) and the accumulated body biomass (ABB) were quadratically affected in function of Metd levels (BW, P=0.010) (WG, P=0.008), (ABB, P=0.002) and Cysd (BW, P=0.080), (WG, P=0.080), (ABB, P=0.069) in the diets. Estimates for the maximum BW, WG and ABB were obtained with diets containing 0.66% of Metd and 0.59% of Cysd, 0.66% of Metd and 0.60% of Cysd and 0.66% of Metd and 0.54% Cysd, respectively. For feed conversion (FC) there was a quadratic effect (P=0.007), estimating the best FC using 0.64% Metd in the diet. It is concluded that the

requirements of digestible met + cis and the relationship between Metd:Cysd for maximum weight gain of meat-type quails were 1.26% (0.66% of Metd + 0.60% of Cysd in the diet) and 52.38%, respectively. In the final phase of growth 1,680 meat-type quails raised until the beginning of the experiment in a conventional system, not sexed, The animals were distributed in a completely randomized design, in a 4x4 factorial arrangement, with four Metd levels (0.45, 0.57, 0.69 and 0.81%) and four Cysd levels (0.35, 0.48, 0.61 and 0.74%), totaling 16 treatments, with three replicates and 35 quails per experimental unit. The BW, WG and ABB were quadratically influenced in function of increased Metd levels (BW, P=0.067) (WG, P=0.069) (ABB, P=0.080) and Cysd (BW, P=0.004) (WG, P=0.002) (ABB, P=0.002) in the experimental diets. Estimates for obtaining of the maximum values of BW, WG and ABB were taken with diets containing 0.63% Metd and 0.58% Cysd. It is concluded that the requirements of digestible met + cys and the relationship between Metd: Cysd for maximum performance of meat-type quails were 1.21% (0.63% of Metd + 0.58% of Cysd/kg diet) and 52.07%, respectively. Experiment 2 aimed to determine the best level of partial substitution of Metd by choline (CHO) in diet for meat-type quails in the period from 1 to 14 days (initial phase) and of 15 to 35 days old (final phase of growth). In the initial phase 2,400 not sexed meat-type quails were distributed in a completely randomized design, in a 4x4 factorial arrangement, with four digestible methionine (Metd) levels (0.48, 0.54, 0.60 and 0.66%) and four choline levels (300, 800, 1300 and 1800 mg/kg), totaling 16 treatments with three replicates and 50 quails per experimental unit. The BW, WG, ABB and FC were linearly influenced in function of Metd levels (BW, P=0.058) (WG, P=0.050) (ABB, P=0.022) (FC, P=0.019) and CHO (BW, P=0.002) (WG, P=0.002) (ABB, P=0.012) (FC, P=0.017) in the diets. It is concluded that the requirement of Metd for maximum weight gain of meat-type quails was at least 0.66% of Metd in the diet. In the supplemented levels of CHO, it has not been possible to promote the completion of the Metd requirement. In the final phase of growth 1,680 meat-type quails raised in the conventional system until the beginning of the period experiment, not sexed. The birds were distributed in a completely randomized design, in a 4x4 factorial arrangement, with four Metd levels (0.45, 0.51, 0.57 and 0.63%) and four CHO levels (300, 800, 1300 and 1800 mg/kg), totaling 16 treatments with three replicates and 35 quails per experimental unit. The BW, WG and ABB were linearly influenced in function of increasing Metd levels (BW, P=0.014) (WG, P=0.010) (ABB, P=0.013) and CHO (BW, P=0.047) (WG, P=0.034) (ABB, P=0.030) in the experimental

diets, occurring interaction between Metd levels and CHO, on BW (P=0.053), WG (P=0.039) and ABB (P=0.035). It is concluded that the requirement of Metd for maximum performance of meat-type quails was at least 0.63% of Metd in the diet. In the supplemented levels of CHO, it has not been possible to promote the completion of the Metd requirement.

Keywords: cystine, *Coturnix coturnix coturnix*, homocysteine, methionine, performance

I - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do mercado mundial avícola deu-se de forma rápida e significativa devido aos investimentos em tecnologias nesse setor, conseguindo disponibilizar proteína animal de elevada qualidade nutricional e baixo custo para a população. Atualmente, busca-se uma maior inserção no mercado de outras carnes, muitas vezes não tão conhecidas. A esse exemplo, tem-se a carne de codorna, a qual pode ser uma alternativa para diversificar as opções de consumo. Dessa forma, o mercado, ao oferecer a carne de codorna, disponibiliza para a sociedade mais um produto de qualidade, saudável e com sabor inigualável (Móri et al., 2005; Winter, 2005; Silva 2009).

A coturnicultura vem se destacando por ser uma atividade promissora, com grande potencial de crescimento no mercado mundial, porém necessita de maiores investimentos em pesquisas, tecnologias e divulgação dos produtos. Muitos produtores e indústria optam pela criação de codornas pelas inúmeras vantagens de se trabalhar com essa ave, pela lucratividade do setor, por ser uma atividade em expansão e pela qualidade dos produtos obtidos, apreciados por seu requinte (Oliveira et al., 2002; Pinto et al., 2002; Móri et al., 2005).

Tanto os produtores rurais quanto a indústria, buscam melhorias na criação de codornas de corte europeias, que podem ser avaliadas por meio da interpretação dos índices zootécnicos, que estão intimamente relacionados com a lucratividade do empreendimento. Esses indicadores podem ser influenciados pelo manejo, nutrição, instalações, sanidade do plantel e potencial genético da linhagem. Fica clara a

importância de pesquisas nessas áreas, visando determinar as condições ideais de criação que proporcionem a máxima expressão do potencial genético das codornas, aumentando a eficiência e tornando, conseqüentemente, essa atividade mais competitiva no mercado de proteína animal (Macari et al., 2014).

Os estudos relativos à área de nutrição são impactantes, por ser responsável pela maior parte dos custos relacionados à produção avícola, sendo que o item que representa o maior gasto é a proteína presente na dieta (Barreto et al., 2006). O conhecimento das exigências nutricionais permite um melhor aperfeiçoamento dos programas alimentares, proporcionando às aves uma dieta equilibrada e que atenda às necessidades nutricionais, maximizando a lucratividade. Ainda, a nutrição balanceada deve garantir o desenvolvimento estrutural e o funcionamento metabólico adequados, questões estas que tomam parte da preocupação dos nutricionistas (Silva, 2009).

A escassez de informações relacionadas às exigências nutricionais das codornas europeias faz com que ocorra o fornecimento de rações com quantidades de nutrientes inadequados, resultando em baixo desempenho e/ou desperdício de nutrientes da dieta, conseqüentemente, aumentando os custos da produção de carne. As informações nutricionais utilizadas são, geralmente, de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), ou de outras linhagens, ou até mesmo usam-se valores de tabelas de exigências nutricionais antigas e de outros países, não sendo ideais para as nossas condições climáticas, à exemplo do National Research Council (NRC, 1994). Também são usadas as tabelas de Silva (2009), para codornas japonesas e europeias, porém nem todas as exigências nutricionais recomendadas são específicas para codornas europeias, além da exigência de alguns nutrientes terem sido determinadas em outros países (Barreto et al., 2006).

Diante desses aspectos, percebe-se que pouco se conhece sobre as exigências nutricionais de codornas europeias criadas nas condições climáticas do Brasil (Barreto et al., 2006). A metionina é um aminoácido sulfuroso essencial e o primeiro aminoácido limitante em dietas para aves à base de milho e farelo de soja, sendo que a suplementação do referido aminoácido se faz necessária. As pesquisas procuram determinar a melhor relação metionina e cistina, atendendo à exigência de cistina através da suplementação de metionina nas dietas, conseqüentemente não há relatos de trabalhos avaliando a exigência de cistina para codornas de corte em crescimento. Esses dois aminoácidos são de fundamental importância no organismo animal, por atuarem

principalmente, como substrato na síntese de proteínas corporais (Bertechini, 2003; Lehninger e Cox, 2014; Oliveira Neto, 2014).

Também existe a necessidade de determinar a relação dos aminoácidos sulfurosos e a colina, para averiguar se é possível a substituição de parte da metionina por colina na dieta das codornas, pois a colina é oxidada formando a betaína, que doa grupos metil para a homocisteína, proporcionando a formação de metionina, ocasionando a redução da necessidade da suplementação de metionina na dieta e reduzindo os custos da ração, por sua fonte ser mais cara do que a colina (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a).

Portanto, o objetivo neste trabalho foi estimar as exigências nutricionais de metionina e de cistina, assim como estabelecer a relação entre os aminoácidos sulfurosos e determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível por colina nas dietas de codornas de corte em crescimento, visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre a composição química corporal e do fígado, peso dos órgãos e partes da carcaça, empenamento, rendimento corporal, parâmetros sanguíneos e ósseos dessas aves.

1.Revisão de literatura

1.1. Coturnicultura de corte

A codorna pertence à ordem dos Galináceos, família Phasianidae, subfamília Perdicionidae e gênero *Coturnix*. Originou-se no norte da África, da Europa e da Ásia, sendo domesticada e iniciada sua criação comercial no Japão no início do século XX. A linhagem de codornas doméstica chegou ao Brasil após 1950, mas só uma década depois deu-se início à sua exploração comercial de ovos, em São Paulo e, posteriormente, à sua produção de carne, difundindo-se para os demais Estados (Souza-Soares e Siewerdt, 2005).

Atualmente existem várias linhagens de codornas melhoradas geneticamente, tanto para fins de postura, como para fins de comercialização da carne. Essas linhagens possuem características particulares que a distinguem, como velocidade de crescimento, peso vivo, precocidade ao abate, tamanho e cor de ovo (branco ou pintado), taxa de postura, coloração das penas, entre outras, definindo a aptidão para produção de carne ou ovos (Baumgartner, 1994).

Com a finalidade de comercialização da carne, a linhagem *Coturnix coturnix*, também conhecida como codorna “francesa” ou “europeia” é muito utilizada. Caracteriza-se por atingir peso ao abate entre 200 a 300g, possuir coloração marrom mais viva, precocidade ao abate e temperamento calmo. Atingem a maturidade sexual praticamente na mesma idade da linhagem de codornas de postura japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) (Rezende et al., 2004). As codornas japonesas são as mais difundidas mundialmente e também no Brasil, por sua precocidade e alta produção de ovos, porém são de pequeno porte sendo seu peso vivo entre 120 a 180g, além da carne de baixa qualidade, por isso não são indicadas para a exploração de carne (Albino e Neme, 1998).

A comercialização da carne de codornas no Brasil teve aumento significativo a partir de 1989, quando a empresa “Perdigão Industrial”, atualmente chamada de “Brasil Foods”, começou a investir nessa atividade, utilizando material genético importado da França (Móri et al., 2005). Desde então, esse mercado não parou de crescer, registrando um número efetivo de codornas no Brasil, em 2012, de aproximadamente 16,436 milhões de cabeças, aumentando 5,6% em relação ao ano de 2011, sendo a única dentre as espécies de animais investigadas a apresentar crescimento. Parte desse efetivo de codornas é destinado para a produção de ovos, computados 284,973 milhões de dúzias produzidas (IBGE, 2012), sendo abatida ao final da postura, obtendo-se carcaças pequenas e com carne dura, o que ocasiona baixa aceitação do mercado consumidor (Rezende et al., 2004).

As maiores produções nacionais encontram-se nos Estados de São Paulo, Espírito Santo, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná, produzindo do total nacional 51,1%, 11,0%, 9,2%, 8,4% e 4,2%, respectivamente. O município de Bastos (SP) teve o maior efetivo de codornas em 2012, seguido por Iacri (SP), Santa Maria de Jetibá (ES), Parapuã (SP) e Videira (SC), produzindo um total nacional de 18,3%; 13,7%, 9,6%, 7,6% e 6,7%, respectivamente. No município de Videira, a principal finalidade do plantel é a produção de carne, sendo destinada boa parte da produção para a exportação (IBGE, 2012).

O aumento da demanda de consumo de carne de codorna no país e a exportação da produção nacional para outros países impulsionou o crescimento desse mercado (Silva, 2009). Outros fatores que contribuíram para a expansão desse mercado foram a difusão de tecnologias a campo, os baixos custos de investimento com instalações que esta atividade exige, por ser uma ave de pequeno porte e fácil manejo, mais resistentes

do que outras aves a intempéries, problemas metabólicos e doenças, apresentando um crescimento acelerado, ciclo reprodutivo curto e precocidade sexual (35 a 42 dias de idade), o que proporciona um rápido retorno financeiro (Pinto et al., 2002).

A carne de codorna é uma iguaria fina e sofisticada, com características de sabor inigualáveis, macia e escura (Moraes e Ariki, 2009). O único corte nobre dessa ave é o peito, que corresponde a 40% da carcaça (Silva, 2009). A composição da sua carne, principalmente a gordura corporal, é dependente da idade, sexo, linhagem e dieta das aves (Moraes e Ariki, 2009). Geralmente, a carne de codorna apresenta maior conteúdo proteico e menores teores de gordura e energia quando comparadas aos frangos de corte com pele. Em relação às vitaminas e aos minerais, a carne de codorna apresenta maiores concentrações de ferro, fósforo, potássio, selênio, zinco, cobre, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, folacina, cobalamina e retinol e menor sódio. As proporções dos demais nutrientes e colesterol são semelhantes na carne de codornas e nos frangos de corte (Souza-Soares e Siewerdt, 2005).

Assim como a carne de frangos de corte, a carne de codornas também é uma alternativa que pode satisfazer os consumidores que preferem alimentos saudáveis, contendo baixo colesterol e alta quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (Tavaniello, 2013). Outra tendência visível na demanda da carne de codornas, nos últimos anos, é o interesse das pessoas por novos produtos para o consumo, visando à diversificação de sabores (Genchev et al., 2008). Para aumentar o consumo dessa carne por parte da sociedade em geral é necessário a ampliação desse mercado, ofertando produtos diferenciados ao consumidor e de fácil preparo, agregando valor às matérias-primas.

1.2. Importância dos aminoácidos na nutrição de codornas

As proteínas são compostas por polímeros de aminoácidos, que se unem uns aos outros por ligações covalentes. Geralmente, são encontrados 20 diferentes aminoácidos nas proteínas. Caracterizam-se por possuírem um grupo carboxil e um grupo amino ligados ao átomo de carbono α , diferindo na estrutura, tamanho e carga elétrica das suas cadeias laterais, o que causa diferenças quanto à sua solubilidade em água (Lehninger e Cox, 2014).

Os aminoácidos são utilizados no organismo para a realização principalmente da síntese proteica, visando à manutenção corporal e à deposição de tecidos. Podem ser

classificados em essenciais, não essenciais e condicionalmente não-essenciais, pelo fato do organismo ser capaz de sintetizá-los a partir de metabólitos intermediários ou de outros aminoácidos. A essencialidade pode variar de acordo com a espécie e a idade do animal, sendo que os essenciais são: treonina, metionina, isoleucina, leucina, valina, triptofano, fenilalanina, histidina e lisina. Os semi-essenciais são: cisteína, tirosina, prolina e arginina. E os não essenciais são: serina, glicina, alanina, asparagina, aspartato, glutamato e glutamina (D'Mello, 2003a).

O fornecimento de dietas com quantidades de aminoácidos inadequadas, que não atendem às exigências nutricionais, diminuem a concentração no plasma e tecidos dos aminoácidos que estão deficientes na dieta. Como resposta, o animal diminui o consumo de alimentos tentando diminuir os efeitos deletérios causados pela falta de aminoácidos, ocorrendo, conseqüentemente, uma redução no crescimento (Park, 2006; Bertechini, 2003). Porém, os aminoácidos ingeridos em excesso não são armazenados no organismo, sendo catabolizados para gerar energia, e o grupo amino é excretado na forma de ácido úrico nas aves (Moreira e Pozza, 2014). Rações com quantidades elevadas de aminoácidos, ocasionam redução no desempenho dos animais e, conseqüentemente, elevação dos custos de produção e contaminação ambiental, devido a excreção de nitrogênio em excesso no organismo (Bertechini, 2003).

1.2.1. Metabolismo da metionina e cistina

A metionina é um aminoácido sulfuroso essencial, que possui um átomo de enxofre, o que justifica sua denominação sulfuroso, juntamente com a cisteína (Lewis, 2003).

A metionina é o primeiro aminoácido limitante para aves em dietas à base de milho e farelo de soja, e também devido a sua elevada exigência para esta espécie. Além disso, o processo de formação das penas, demandam aproximadamente 2% de metionina e 25% de cistina da dieta (Leeson e Summers, 1997; Pinto et al., 2003; Oliveira Neto, 2014), sendo que a necessidade de cistina é atendida pela suplementação de metionina, o que justifica as recomendações nutricionais serem expressas como metionina + cistina, uma vez que é sintetizada a partir da metionina (Lehninger e Cox, 2014).

Desta forma, a cistina é classificada como não essencial, pois pode ser sintetizada pelo organismo dos animais, não sendo necessária a sua suplementação. A metionina

atende às exigências de cistina na dieta, por atuar na doação de radicais metil, sendo a precursora da biossíntese da cisteína, que ligada aos pares por uma ponte dissulfeto forma a cistina, cujo processo é irreversível (Lehninger e Cox, 2014). A adição de cistina na dieta poderia reduzir até a metade das necessidades nutricionais de metionina, porém é economicamente inviável, devido ao elevado custo da sua fonte industrial em relação às fontes de metionina (Berstechini, 2003).

A metionina também atua doando grupamentos metílicos necessários à biossíntese de colina, creatina, creatinina, poliaminas, epinefrina e melatonina, que são necessários para o bom funcionamento do organismo (Castro et al., 2011). A principal função da metionina é ser substrato para a síntese de proteína corporal (formação da massa muscular), proporcionando aos animais expressar o seu máximo potencial genético para ganho de peso e conversão alimentar. Tanto a metionina quanto os produtos formados através das reações químicas e enzimáticas do seu metabolismo participam da metilação de RNA, DNA, proteínas e lipídios, na divisão celular, no sistema antioxidante (glutathiona) e estão envolvidos na digestão e absorção de lipídios (precursor da taurina) (Oliveira Neto, 2014).

A complexa biotransformação da metionina, denominada de ciclo da metionina ou da homocisteína, pode ser dividida nas seguintes vias: metilação, remetilação e transulfuração (Figura 1). Este ciclo inicia-se com a metionina proveniente da dieta que pode ser convertida a S-adenosilmetionina (doador universal de grupos metil) através da ação da enzima metionina-adenosiltransferase, que catalisa a transferência da adenosina para a metionina. A S-adenosilmetionina, doadora universal de grupos metil, favorecida pela enzima metil-transferase, forma o S-adenosil-homocisteína, que é hidrolisada com a ajuda da enzima adenosil-homocisteína-hidroxilase à homocisteína e à adenosina. Esta é a etapa de transformação da metionina em homocisteína denominada via de metilação (Bydlowski et al., 1998; Pillai et al., 2006; Oliveira Neto, 2014).

A homocisteína é um metabólico intermediário na via biossintética, que pode converter a metionina em cisteína, pela via da transulfuração, ou em caso de balanço negativo de metionina, a homocisteína pode ser transformada em metionina, através da via da remetilação (Bydlowski et al., 1998).

Na via da remetilação, ocorre a regeneração da metionina pela disponibilização de um grupo metil (CH_3) para a homocisteína, pela ação da enzima a 5-metiltetrahidrofolato-homocisteína metiltransferase, também conhecida como metionina sintetase que é encontrada em todas as células animais, atuando na transformação do 5-

metil-tetrahidrofolato em tetra-hidrofolato, utilizando como cofator a vitamina B₁₂. A enzima betaína-homocisteína-metiltransferase encontra-se no fígado e rins e também pode disponibilizar um grupo metil, por atuar na reação da betaína em dimetilglicina. A betaína é um produto proveniente da dieta ou da oxidação da colina (Selhub, 1999; Pillai et al., 2006; Oliveira Neto, 2014).

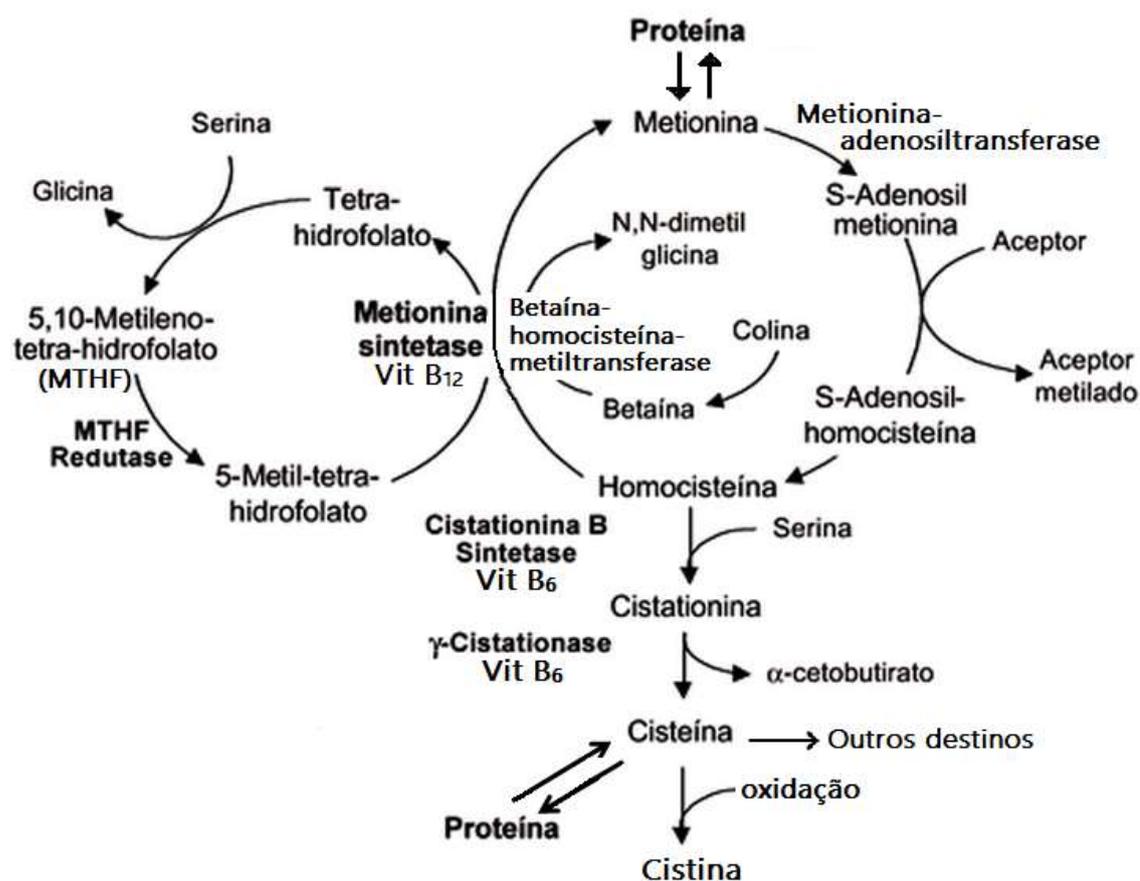


Figura 1 – Biotransformação da metionina. Fonte: adaptado de Bydlowski et al. (1998).

Na via da transulfuração ocorre a conversão irreversível de, em média, 50% da homocisteína em cistationina, regulada positivamente pela adenosilmetionina, diminuindo o excesso de homocisteína em quantidades elevadas de homocisteína e metionina. Essa etapa ocorre através da reação da homocisteína com a serina e ação da enzima cistationina β-sintetase, que utiliza a vitamina B₆ como cofator formando a cistationina, que é transformada em cisteína e α-cetobutirato pela enzima γ-cistationase (dependente da vitamina B₆) (Bydlowski et al., 1998; Selhub, 1999; Brosnan e Brosnan, 2006; Pillai et al., 2006).

A cisteína pode ser convertida em importantes produtos como, por exemplo, a glutatona e a taurina (Brosnan e Brosnan, 2006). Em condições oxidantes, ela liga-se aos pares através de uma ponte dissulfeto (ligação entre dois átomos de enxofre), dando origem à cistina, cujo processo é irreversível (Lehninger e Cox, 2014). A cistina é um aminoácido que está presente em abundância em diversas proteínas (queratina capilar, insulina e enzimas digestivas), e é considerada, fisiologicamente, essencial para manutenção, crescimento dos animais e para o desenvolvimento das penas (D’Mello, 2003b; Pinto et al., 2003).

O ciclo da metionina é regulado principalmente pela S-adenosilmetionina e expressão de algumas enzimas. A S-adenosilmetionina é um ativador da cistationina b-sintetase e um inibidor do metileno-tetra-hidrofolato redutase, elevando a transulfuração e inibindo a remetilação. Desta forma, quando a metionina encontra-se em quantidades elevadas, a homocisteína é transformada em outros metabólitos na via da transulfuração. Quando a metionina na dieta é limitada, ocorre queda na concentração de S-adenosilmetionina, que não é o suficiente para inibir a enzima metileno-tetra-hidrofolato redutase e para ativar a enzima cistationina b-sintetase, favorecendo a conversão da homocisteína em metionina (Selhub, 1999; Prudova et al., 2005; Finkelstein, 2006).

1.2.2. Homocisteína

A homocisteína é um metabólito intermediário na biotransformação da metionina, que atua no crescimento e manutenção dos tecidos. Porém seu excesso (hiper-homocisteinemia) predispõe a doenças cardiovasculares em humanos (Emmert et al., 1996), como insuficiência cardíaca crônica, doenças vasculares, aterosclerose (Varga et al., 2005), estresse oxidativo (Weiss, 2005), diabetes tipo 1, homocistinúria (Sen e Tyagi, 2010) e obesidade (Vayá et al., 2012). Nas aves, está associada a síndromes como a ascite e a morte súbita (Samuels, 2003), e também ficam mais propensas à discondroplasia tibial (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007).

Em circunstâncias normais, o metabolismo mantém as concentrações de homocisteína no plasma em níveis baixos. A sua elevação plasmática pode ocorrer devido a diversas causas, destacando-se principalmente, a ingestão elevada de metionina, redução do metabolismo, alterações genéticas e deficiência hereditárias ou adquiridas de enzimas ou vitaminas nas reações metabólicas do ciclo da metionina. Para

normalizar as concentrações de homocisteína, é utilizada suplementação nas dietas de ácido fólico, vitaminas B12, B6, colina, e betaína (Guilland et al., 2003).

1.3. Colina

A colina foi isolada da bile em 1862 por Strecker, posteriormente sua estrutura foi determinada por Bayer, porém, sua importância nutricional foi descoberta mais tarde por Banting e Best, em 1920, com o relato da prevenção do fígado gorduroso com um metabólito da colina, a lecitina (fosfatidilcolina) em cães após a pancreatectomia (Combs, 2008).

Passou a ser considerada uma vitamina hidrossolúvel, mas muitos autores não concordam com esta classificação, considerando-a uma “quase” vitamina, por ser requerida em quantidades mais elevadas do que uma vitamina em determinadas espécies, e por não apresentar as características do grupo de vitaminas no qual é classificada, não participando como cofator enzimático do metabolismo orgânico e por ser acumulada no organismo (Bertechini, 2003).

A colina é solúvel em água, formaldeído e álcool, sendo totalmente higroscópica (Rutz et al., 2014a). Ela está presente em todos os tecidos, porém é armazenada em grandes concentrações nos órgãos essenciais, como cérebro, fígado e rins (Combs, 2008). Encontra-se nas células animais e vegetais, em sua forma livre ou complexada como acetilcolina ou em fosfolipídios (lecitina e esfingomiélin) (Vieira et al., 2001).

A maioria das espécies animais conseguem sintetizar a colina, não sendo necessária sua adição na dieta, com exceção das aves em fase de crescimento, que somente passam a sintetizar a partir da 8ª a 13ª semana de idade (Rutz et al., 2014a). A síntese pode não ser suficiente para atender às exigências para rápido crescimento dos animais quando estes recebem dietas deficientes em doadores de grupos metil ou metionina, que podem compensar uma parte da necessidade de colina. O organismo pode sintetizar a colina a partir do aminoácido serina, porém esta reação ocorre somente na presença de metionina, folacina e vitamina B₁₂ (Case et al., 1997).

Sua fórmula química é b-hidroxietil trimetilamônio, destacando-se na sua estrutura o trio de grupos metil, que caracteriza a sua função no organismo como doadora de unidades de metil, que ocorre através da reação da enzima mitocondrial colina desidrogenase com a colina, produzindo aldeído de betaína, que sofre a ação da enzima citosólica betaína aldeído desidrogenase, formando a betaína. A betaína, por sua

A acetil coenzima A reage com a colina formando a acetilcolina, um neurotransmissor necessário para a atividade nervosa, sendo responsável pela transmissão dos impulsos nervosos. A colina também participa da sinalização transmembrana e no transporte e metabolismo de lipídios e colesterol (Bertechini, 2003; Zeisel e Blusztajn, 1994). Por agir no metabolismo da gordura, atuando na remoção ou diminuição da deposição de gordura no fígado, a colina é considerada um fator lipotrófico (Pour et al., 2014). Vários trabalhos já foram desenvolvidos para avaliar esta atuação como fator lipotrófico, sendo que Hossain e Das (2014), em um experimento com frangos de corte, relataram que houve redução no teor de gordura no coração, fígado e abdômen devido à suplementação de colina na dieta dessas aves, do nascimento ao abate, indicando o uso de 1200-1800 mg de colina/kg de ração.

A sua falta no organismo pode acarretar uma série de desordens, como disfunção neurológica (Case et al., 1997), esteatose hepática, desaceleração no crescimento reduzindo o ganho de peso e a eficiência alimentar (Pour et al., 2014; Wen et al., 2014), distúrbios de perna (perose) (Zeisel e Blusztajn, 1994; Wen et al., 2014), mau empenamento (Rutz et al., 2014b), disfunções renais, tecidos hemorrágicos e hipertensão (Pour et al., 2014) e estimula a apoptose (autodestruição celular) (Holmes-McNary et al., 1997). A severidade da privação da colina é influenciada por outros fatores da dieta como a metionina, vitamina B₁₂, ácido fólico e gordura (Pour et al., 2014). Já a colina em excesso ocasiona queda no crescimento, incapacidade do uso de vitamina B₆ e maior mortalidade das aves (Combs, 2008).

Trabalhando com patos brancos de Pekin, Wen et al. (2014) observaram que dietas deficientes de colina proporcionaram a desaceleração do crescimento das aves, esteatose hepática e perose nas pernas. A esteatose hepática é ocasionada pelo acúmulo de lipídios, devido à falta de colina, necessária para a formação de fosfatidilcolina, essencial para a secreção das lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), partículas necessárias para o transporte de triglicerídeos do fígado para os tecidos (Zeisel e Blusztajn, 1994; Rutz et al., 2014b). Na prevenção da perose, a colina é necessária na formação dos fosfolipídios que atuam no processo de maturação da matriz da cartilagem do osso (Pour et al., 2014).

1.4. Interação metionina e colina

A metionina e a colina são consideradas nutrientes essenciais em dietas de aves. A sua interação ocorre devido à metionina formar a S-adenosilmetionina, que doa radicais metil para a formação de fosfatidilcolina, que quando hidrolisada forma a colina. A colina, por sua vez, é precursora da betaína que atua doando radicais metil necessários na via da remetilação, em que ocorre a transformação da homocisteína em metionina (Figura 2) (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a).

Pelo fato da metionina e a colina possuírem uma característica metabólica comum, atuando como doadores de grupos metil, as dietas com excesso de metionina podem reduzir as necessidades de adição de colina na dieta. Já a hipótese de que a suplementação de colina pode substituir parte da adição de metionina necessária na dieta tem muito que ser investigada, pois poderia ser uma alternativa para a redução dos custos de produção das aves (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a).

1.5. Literatura citada

- ALBINO, L.F.T. & NEME, R. (1998) *Codornas: Manual prático de criação*. 1 ed. p.56 (Viçosa-MG: Aprenda fácil).
- BARRETO, S.L.T.; ARAUJO, M.S.; UMIGI, R.T.; DONZELE, J.L.; ROCHA, T.C.; PINHEIRO, S.R.F.; TEIXEIRA, R.B.; ABREU, F.V.S. & SILVA, R.F. (2006) Exigência nutricional de lisina para codornas europeias machos de 21 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **35**: 750-753.
- BAUMGARTNER, J. (1994) Japanese quail production breeding and genetics. *British Journal of Poultry Science*, **50**: 228-235.
- BERTECHINI, A.G. (2003) *Nutrição de monogástricos*. 1 ed. p.341 (Lavras-MG: FAEPE).
- BROSNAN, J.T. & BROSNAN, M.E. (2006) The sulfur-containing amino acids: an overview. *The Journal of Nutrition*. **136**: 1636–1640.
- BYDLOWSKI, S.P.; MAGNANELLI, A.C & CHOMONE, D.A.F. (1998) Hiperhomocisteinemia e doenças vaso-oclusivas. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **71**: 69-76.
- CASE, L.P.; CAREY, D.P. & HIRAKAWA, D.A. (1997) *Nutrición canina y felina*. 1 ed. p.417 (Madrid – Espana: Hacourt Brace de Espana).

- CASTRO, S.F.; FORTES, B.D.A.; CARVALHO, J.C.C.; BERTECHINI, A.G.; QUEIROZ, L.S.B. & GARCIA JR, A.A.P. (2011) Relação metionina e colina dietética sobre o desempenho de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. *Ciência Animal Brasileira de Goiânia*, **12**: 635-641.
- COMBS, G.F. (2008) The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. In: *Quasi-vitamins*. Wagner, A.F. & Folkers, K., 3 ed. p.400-406. (California-Estados Unidos: Elsevier Academic Press).
- D'MELLO, J.P.F. (2003a) Amino acids as multifunctional molecules. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.1-14. (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- D'MELLO, J.P.F. (2003b) Conclusions. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.143-155. (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- EMMERT, J.L.; GARROW, T.A. & BAKER, D.H. (1996) Hepatic betainehomocysteine methyltransferase activity in the chicken is influenced by dietary intake of sulfur amino acids, choline and betaine. *Journal of Nutrition*, **126**: 2050–2058.
- FINKELSTEIN, J.D. (2006) Inborn errors of sulfur-containing amino acid metabolism. *The Journal of Nutrition*, **136**: 1750-1754.
- FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine. (1998) *Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, and choline*. 1 ed. p.592 (Washington, DC: The National Academy Press).
- GENCHEV, A.; MIHAYLOVA, G.; RIBARSKI, S.; PAVLOV, A. & KABAKCHIEV, M. (2008) Meat quality and composition in japanese quails. *Trakia Journal of Sciences*, **6**: 72-82.
- GUILLAND, J.C.; FAVIER, A.; DE COURCY, P.G.; GALAN, P. & HERCBERG, S. (2003) Hyperhomocysteinemia: an independent risk factor or a simple marker of vascular disease? *Pathologie Biologie*, **51**:101-110.
- HOLMES-MCNARY, M.Q.; LOY, R.; MAR, M.H.; ALBRIGHT, C.D. & ZEISEL, S.H. (1997) Apoptosis is induced by choline deficiency in fetal brain and in PC12 cells. *Developmental Brain Research*, **101**: 9-16.
- HOSSAIN, M.E. & DAS, G.B. (2014) Effects of supplemental choline on deposition of cardiac, hepatic and abdominal fat in broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, **43**: 118-122.

- IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. (2012) Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/ppm2012.pdf>. Acessado em 03/12/2014.
- LEACH JR., R.M & MONSONEGO-ORNAN, E. (2007) Tibial dyschondroplasia 40 years later. *Poultry Science*, **86**: 2053-2058.
- LEESON, S. & SUMMERS, J.D. (1997) Feeding programs for broiles. In: *Comercial Poultry Nutrition*. 2 ed. p.350 (Canada: University Books).
- LEHNINGER, D.L. & COX, M.M. (2014) *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6 ed. p.1298 (Porto Alegre: Artmed).
- LEWIS, A.J. (2003) Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D'MELLO, J.P.F. *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.143-155 (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- MACARI, M.; MENDES, A.A.; MENTEN, J.F.; NAAS, I.A. (2014) *Produção de frangos de corte*. 565p (Campinas, SP: Facta).
- MORAES, V.M.B. & ARIKI, J. (2009). *Importância da nutrição na criação de codornas de qualidades nutricionais do ovo e carne de codorna*. p.97-103 (Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal- SP). Disponível em: www.biologico.sp.gov.br/rifibi/IIIrifibi/97-103.pdf >. Acesso em: 25/08/2014.
- MOREIRA, I. & POZZA, P.C. (2014) Metabolismo proteico. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.110-126 (Jaboticabal, SP: Funep).
- MÓRI, C.; GARCIA, E.A.; PAVAN, A.C.; PICCININ, A. & PIZZOLANTE, C.C. (2005). Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**: 870-876.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1994) *Nutrient requirements of poultry*. 9th Rev. Edn. National Academy Press. Washington, DC., USA.
- OLIVEIRA NETO, A.R. (2014) Metabolismo e exigência de metionina. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.186-217 (Jaboticabal, SP: Funep).
- OLIVEIRA, N.T.E.; SILVA, M.A.; SOARES, R.T.R.N.; FONSECA, J.B. & THIEBAUT, J.T.L. (2002) Exigências de proteína bruta e energia metabolizável para codornas japonesas criadas para a produção de carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**: 675-686.

- PARK, B.C. (2006). Amino acid imbalance-biochemical mechanism and nutritional aspects. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. **19**: 1361-1368.
- PILLAI, P.B.; FANATICO, A.C.; BEERS, K.W.; BLAIR, M.E. & EMMERT, J.L. (2006). Homocysteine remethylation in Young broilers fed varying levels of methionine, choline and betaine. *Poultry Science*, **85**: 90-95.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C. & VARGAS JUNIOR, J.G. (2002). Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**: 1761-1770.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A.; SOARES, R.T.R.N. & PEREIRA, C.A. (2003). Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**: 1174-1181.
- POUR, H.A.; HAMEDANI, M.A.; NASAB, M.E.; BABAZADEH, M.H. & DAVOUDI, S.M. (2014) Effect of choline on performance quality of non-ruminant. *Entomology and applied science letters*, **1**: 14-18.
- PRUDOVA, A.; MARTINOV, M.V.; VITVITSKY, V.M.; ATAULLAKHANOV, F.I. & BANERJEE, R. (2005) Analysis of pathological defects in methionine metabolism using a simple mathematical model. *Biochimica Biophysica Acta*, **1741**: 331-338.
- REZENDE, M.J.M.; FLAUZINA, L.P.; PIMENTEL, C.M.M. & OLIVEIRA, L.Q.M. (2004) Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, **26**: 353-358.
- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A. & MAIER, J.C. (2014a) Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.144-166 (Jaboticabal, SP: Funep).
- RUTZ, F.; XAVIER, E.G. & ROLL, V.F.B. (2014b) Exigências de vitaminas para aves. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.389-402 (Jaboticabal, SP: Funep).
- SAMUELS, S.E. (2003) Diet, plasma total homocysteine concentrations and mortality rates in broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*. **83**: 601-604.
- SELHUB, J. (1999) Homocysteine metabolism. *Annual Review of Nutrition*, **19**: 217-46.

- SEN, U. & TYAGI, S.C. (2010) Homocysteine and hypertension in diabetes: does PPAR γ have a regulatory role? *PPAR Research*, **1**: 1-12.
- SILVA, J.H.V. (2009) *Tabelas para codornas japonesas e europeias*. 2 ed. p.107 (Jaboticabal-SP: FUNEP).
- SOUZA-SOARES, L.A. & SIEWERDT, F. (2005) *Aves e Ovos: criação de Codornas*. 1 ed. p.138 (Pelotas - RS: Universidade Federal de Pelotas).
- TAVANIELLO, S. (2013) *Effect of cross-breed of meat and egg line on productive performance and meat quality in Japanese quail (Coturnix japonica) from different generations*. p.149 (Italy: University of Molise - Thesis (Doctorate Science and Technology Animal)).
- VARGA, E.A.; STURM, A.C.; MISITA, C.P. & MOLL, S. (2005) Cardiology patient pages. Homocysteine and MTHFR mutations: relation to thrombosis and coronary artery disease. *Circulation*, **111**: 289-293.
- VAYÁ, A.; RIVERA, L.; HERNÁNDEZ-MIJARES, A.; DE LA FUENTE, M.; SOLÁ, E.; ROMAGNOLI, M.; ALIS, R. & LAIZ, B. (2012) Homocysteine levels in morbidly obese patients: its association with waist circumference and insulin resistance. *Clinical hemorheology and microcirculation*, **52**: 49-56.
- VIEIRA, I.; CYRINO, J.E.P. & PEZZATO, L.E. (2001) Colina e betaína em rações purificadas na nutrição da tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *Scientia Agricola*, **58**: 675-680.
- ZEISEL, S.H. & BLUSZTAJN, J.K. (1994) Choline and human nutrition. *Annual Review of Nutrition*, **14**: 269-96.
- WEISS, N. (2005) Mechanisms of increased vascular oxidant stress in hyperhomocysteinemia and its impact on endothelial function. *Current Drug Metabolism*. **6**: 27-36.
- WEN, Z.G.; TANG, J.; HOU, S.S.; GUO, Y.M.; HUANG, W. & XIE, M. (2014) Choline requirements of white Pekin ducks from hatch to 21 days of age. *Poultry Science*, **93**: 3091-6.
- WINTER, E.M.W. (2005) *Estimação de parâmetros genéticos de características de desempenho, carcaça e composição corporal de codornas para corte (Coturnix sp.)*. p.149 (Curitiba: Universidade Federal do Paraná - Dissertação (Mestrado em Genética)).

II – OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivo estimar as exigências nutricionais de metionina e de cistina, estabelecendo a sua relação, e determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível por colina nas dietas de codornas de corte, em crescimento, sobre os parâmetros produtivos.

2.1 Específicos

1. Estimar as exigências nutricionais de metionina e cistina digestível, assim como estabelecer a melhor relação entre os aminoácidos sulfurosos para o máximo desempenho zootécnico de codornas de corte em fase inicial (um a 14 dias de idade) e final (15 a 35 dias de idade) de crescimento, por meio da avaliação do desempenho zootécnico das aves;
2. Determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível por colina nas dietas de codornas de corte em fase inicial (um a 14 dias de idade) e final (15 a 35 dias de idade) de crescimento, por meio da avaliação do desempenho zootécnico das aves;

3. Avaliar a composição química do fígado aos 35 dias de idade e a composição química corporal, a taxa de deposição de proteína e gordura corporal e a energia retida na carcaça de codornas de corte aos 15 e 35 dias de idade;
4. Determinar o percentual de empenamento aos 15 e 35 dias de idade;
5. Avaliar o índice de Seedor, resistência, densitometria e cinzas ósseas aos 15 e 35 dias de idade;
6. Avaliar a concentração sérica de homocisteína, ácido úrico, colesterol total, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), lipoproteínas de alta densidade (HDL), lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), creatinina e triglicerídeos no sangue de codornas de corte aos 15 e 35 dias de idade;
7. Determinar o peso relativo de órgãos e comprimento relativo do intestino aos 15 e 35 dias de idade;
8. Determinar o rendimento de carcaça e de cortes nobres de codornas de corte aos 35 dias de idade.

III – Exigência de metionina e cistina digestível para codornas de corte em crescimento

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi determinar as exigências nutricionais de metionina (Metd) e cistina (Cisd) digestíveis, assim como estabelecer a relação entre os aminoácidos sulfurosos para codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) nos períodos de 1-14 (fase inicial) e de 15-35 dias de idade (fase final de crescimento). Foram utilizadas 2.400 aves na fase inicial, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em esquema fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,50; 0,62; 0,74 e 0,86%) e quatro de Cisd (0,40; 0,53; 0,66 e 0,79%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 50 codornas cada. Na fase final, foram utilizadas 1.680 aves, criadas até 15 dias de idade em sistema convencional, não sexadas, distribuídas em um DIC, em esquema fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,45; 0,57; 0,69 e 0,81%) e quatro de Cisd (0,35; 0,48; 0,61 e 0,74%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 35 codornas cada. Na fase inicial, o peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e a biomassa corporal acumulada (BCA) foram influenciados de forma quadrática em função dos níveis de Metd (PC, P=0,010), (GP, P=0,008), (BCA, P=0,002) e Cisd (PC, P=0,080), (GP, P=0,080), (BCA, P=0,070) nas rações. As estimativas para o máximo PC, GP e BCA foram obtidas com rações contendo 0,66% de Metd e 0,59% de Cisd, 0,66% de Metd e 0,60% de Cisd e 0,66% de Metd e 0,54% de Cisd, respectivamente. A conversão alimentar (CA), apresentou efeito quadrático (P=0,007), estimando a melhor CA, no nível de 0,64% de Metd na ração. Na fase final, o PC, GP e BCA foram influenciados quadraticamente em função dos níveis de Metd (PC, P=0,067), (GP, P=0,069), (BCA, P=0,080) e Cisd (PC, P=0,004), (GP, P=0,002), (BCA, P=0,002) nas dietas. As estimativas para máximo PC, GP e BCA foram obtidas nos níveis de 0,63% de Metd e 0,58% de Cisd. Conclui-se que as exigências de met + cis digestíveis e a relação entre Metd: Cisd para o máximo ganho de peso de codornas de corte, no período de um a 14 dias de idade, foram de 1,26% (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd na ração) e 52,38%, e no período de 15 a 35 dias de idade, foram de 1,21% (0,63% de Metd + 0,58% de Cisd na ração) e 52,07%, respectivamente.

Palavras-chave: aminoácidos, composição corporal, desempenho zootécnico, empenamento, homocisteína

III – Digestible methionine and digestible cystine requirements for meat-type quails in growth

ABSTRACT – The objective of this study was to determine the nutritional requirements of digestible methionine (Metd) and digestible cystine (Cysd), as well as establish the relationship between the sulfurous amino acids for meat-type quails (*Coturnix coturnix coturnix*) in the periods from 1-14 (initial phase) and 15-35 days old (final phase of growth). In the initial phase, 2,400 birds were distributed in a completely randomized design, in a factorial scheme 4x4, with four Metd levels (0.50, 0.62, 0.74 and 0.86%) and four Cysd (0.40, 0.53, 0.66 and 0.79%), totaling 16 treatments with three replicates and 50 quails each. In the final phase, 1,680 birds were raised until 15 days old in conventional system, not sexed. The animals were distributed in a completely randomized design, in a factorial scheme 4x4, with four Metd levels (0.45, 0.57, 0.69 and 0.81%) and four Cysd (0.35, 0.48, 0.61 and 0.74%), totaling 16 treatments, with three replicates and 35 quails each. In the initial phase, body weight (BW), weight gain (WG) and the accumulated body biomass (ABB) were quadratically affected in function of Metd levels ((BW, P=0.010) (WG, P=0.008), (ABB, P=0.002) and Cysd (BW, P=0.080), (WG, P=0.080), (ABB, P=0.070) in the diets. Estimates for the maximum BW, WG and ABB were obtained with diets containing 0.66% of Metd and 0.59% of Cysd, 0.66% of Metd and 0.60% of Cysd and 0.66% of Metd and 0.54% Cysd, respectively. The feed conversion (FC) showed quadratic effect (P=0.007), estimating the best FC, in the level of 0.64% Metd in the diet. In the final phase, the BW, WG and ABB were quadratically influenced in function of Metd levels (BW, P=0.067), (WG, P=0.069), (ABB, P=0.080) and Cysd (BW, P=0.004), (WG, P=0.002), (ABB, P=0.002) in the diets. Estimates for maximum BW, WG and ABB were obtained in the levels of 0.63% Metd and 0.58% Cysd. It is concluded that the requirements of SID met + cis and the relationship between Metd: Cysd for maximum weight gain of meat-type quails, in the period from one to 14 days old were 1.26% (0.66% of Metd + 0.60% of Cysd in the diet) and 52.38% and, in the period from 15 to 35 days old were 1.21% (0.63% of Metd + 0.58% of Cysd in the diet) and 52.07%, respectively.

Keywords: amino acids, body composition, homocysteine, performance, warping

3.1. Introdução

A criação de codornas para a produção de carne está se desenvolvendo de forma expressiva no Brasil, sendo uma boa alternativa para obtenção de produtos de alta qualidade nutricional para a população (Móri et al., 2005). O crescimento deste mercado foi impulsionado pelo aumento do consumo de carne de codorna no país e a exportação da produção nacional para outros países (Silva, 2009a). Outros fatores que contribuíram para a expansão desse mercado foram o crescimento acelerado, ciclo reprodutivo curto e precocidade sexual (35 a 42 dias de idade), o que proporciona um rápido retorno financeiro, além dessas aves serem de pequeno porte e fácil manejo, mais resistentes do que outras aves a intempéries, problemas metabólicos e doenças, requerendo baixos custos com investimento em instalações e pela difusão de tecnologias a campo, tornando essa atividade mais lucrativa (Pinto et al., 2002).

Os maiores gastos desta atividade se concentram na área da nutrição, representando cerca de 70% dos custos totais da produção, sendo 25% gastos com a proteína das dietas. Fica clara a importância da necessidade de pesquisas para determinar as exigências nutricionais das codornas europeias nas condições climáticas do Brasil, com a finalidade de evitar o fornecimento de nutrientes nas rações em quantidades inadequadas, que resultaria em baixo desempenho e/ou desperdício do excesso de nutrientes, elevando os custos da produção de carne e tornando esta criação menos competitiva (Barreto et al., 2006; Silva, 2009a).

As proteínas são compostas por polímeros de aminoácidos unidos por ligações covalentes (Lehninger e Cox, 2014), sendo utilizadas no organismo, principalmente, para a síntese proteica, visando à manutenção corporal e à deposição de tecidos (Bertechini, 2003). A metionina e a cistina são aminoácidos sulfurosos (Lewis, 2003), sendo a metionina essencial e o primeiro aminoácido limitante para aves, principalmente em dietas à base de milho e farelo de soja, devido à sua atuação na formação das penas, para a qual é direcionada aproximadamente 2% da exigência nutricional de metionina e 25% de cistina da dieta (Leeson e Summers, 1997; Pinto et al., 2003; Oliveira Neto, 2014).

As recomendações nutricionais são expressas como metionina + cistina, devido as necessidades de cistina na dieta serem atendidas pela adição de metionina. Isso é possível porque a metionina doa radicais metil, sendo a precursora da biossíntese da cisteína, que em condições oxidantes, liga-se aos pares através de uma ponte dissulfeto, formando a cistina, cuja reação é irreversível (Lehninger e Cox, 2014). O fornecimento

de cistina nas rações poderia reduzir até a metade das exigências nutricionais de metionina, porém não é economicamente viável, pois as fontes industriais de cistina apresentam um custo mais alto do que as de metionina (Bertechini, 2003).

Não há relatos sobre a determinação da exigência de cistina para codornas de corte em crescimento, pois as pesquisas procuram determinar a exigência de metionina + cistina, atendendo à exigência de cistina através da suplementação de metionina (Lehninger e Cox, 2014).

Dessa forma, o objetivo neste trabalho foi determinar as exigências nutricionais de metionina e de cistina, assim como estabelecer a relação entre esses aminoácidos sulfurosos para codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade, visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre a composição química corporal e do fígado, peso dos órgãos e partes da carcaça, empenamento, rendimento corporal, parâmetros sanguíneos e ósseos dessas aves.

3.2. Material e métodos

O experimento foi dividido em fase inicial (um a 14 dias de idade) e final de crescimento (15 a 35 dias de idade) das codornas de corte e foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), de acordo com as normas do Comitê de Ética em Experimentação Animal da UEM (Protocolo nº 071/2013).

3.2.1. Instalações, delineamento e dietas experimentais

As aves foram alojadas em um galpão convencional, dividido em 48 boxes de 2,5 m² e criadas em um sistema convencional, recebendo água e ração *ad libitum*.

Na fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade) foram utilizadas 2.400 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) recém nascidas, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de metionina digestível (0,50; 0,62; 0,74 e 0,86%) e quatro níveis de cistina digestível (0,40; 0,53; 0,66 e 0,79%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições de 50 aves/unidade experimental, totalizando 48 unidades experimentais.

Na fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade) foram utilizadas 1.680 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*), não sexadas, criadas em sistema convencional até o início do período experimental aos 15 dias de idade. Essas codornas

foram distribuídas em um DIC, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de metionina digestível (0,45; 0,57; 0,69 e 0,81%) e quatro níveis de cistina digestível (0,35; 0,48; 0,61 e 0,74%), totalizando 16 tratamentos, com três repetições de 35 aves/unidade experimental, num total de 48 unidades experimentais.

As codornas de corte foram alimentadas com rações formuladas à base de milho e farelo de soja, cujos aminogramas foram determinados previamente, de forma a serem isocálcicas, isofosfóricas, isoenergéticas e isoproteicas, exceto para metionina e cistina digestíveis. Os balanços eletrolíticos (BE), foram estimados com base nos níveis de Na, K e Cl das dietas experimentais, conforme proposto por Mongin (1981).

As rações foram formuladas de acordo com as exigências de lisina digestível, energia metabolizável e proteína bruta determinadas para codornas de corte nas diferentes fases de crescimento, por Ton (2010), Scherer (2009) e Otutumi et al. (2009), respectivamente. Para atender às exigências nutricionais de cálcio e fósforo, foram utilizados os valores propostos por Silva et al. (2009). As rações foram ajustadas para terem os diferentes níveis de metionina e cistina digestíveis desejados na fase inicial (Tabelas 1 e 2) e final de crescimento (Tabela 3 e 4), utilizando DL-metionina e L-cistina.

Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)

Níveis de Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86			
Níveis de Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79
Ingredientes (%)																
Milho grão	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110	37,110
Soja farelo (45%)	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450	52,450
Calcário	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
Fosfato bicálcico	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472
Sal comum	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459	0,459
L-lisina (78%)	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
DL-metionina (99%)	0,155	0,155	0,155	0,155	0,276	0,276	0,276	0,276	0,396	0,396	0,396	0,396	0,517	0,517	0,517	0,517
L-cistina (99,62%)	0,043	0,177	0,312	0,446	0,043	0,177	0,312	0,446	0,043	0,177	0,312	0,446	0,043	0,177	0,312	0,446
L-treonina (98%)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Ácido glutâmico	1,000	0,820	0,640	0,460	0,880	0,700	0,520	0,340	0,760	0,580	0,400	0,220	0,640	0,460	0,280	0,100
Óleo de soja	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770	5,770
Suplemento min/vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte ³	0,300	0,346	0,391	0,437	0,299	0,345	0,390	0,436	0,299	0,345	0,390	0,436	0,298	0,344	0,389	0,435
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³Caulin.

Tabela 2 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)

Níveis de Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86			
Níveis de Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79
EM (kcal/kg)	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997
Proteína bruta (%)	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
Cálcio (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Met + cis digestível (%)	0,90	1,03	1,16	1,29	1,02	1,15	1,28	1,41	1,13	1,26	1,39	1,52	1,25	1,38	1,51	1,64
Metionina digestível (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,62	0,62	0,62	0,62	0,74	0,74	0,74	0,74	0,86	0,86	0,86	0,86
Cistina digestível (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79
Treonina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Triptofano digestível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloro (%)	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322
Potássio (%)	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068
BE (mEq/kg)	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44	269,44

Energia Metabolizável (EM) e balanço eletrolítico (BE).

Tabela 3 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)

Níveis de Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81			
Níveis de Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74
Ingredientes (%)																
Milho grão	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100	50,100
Soja farelo (45%)	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980	40,980
Calcário	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Fosfato bicálcico	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565	1,565
Sal comum	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
L-lisina (78%)	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420
DL-metionina (99%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,268	0,268	0,268	0,268	0,389	0,389	0,389	0,389	0,510	0,510	0,510	0,510
L-cistina (99,62%)	0,040	0,175	0,309	0,443	0,040	0,175	0,309	0,443	0,040	0,175	0,309	0,443	0,040	0,175	0,309	0,443
L-treonina (98%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Ácido glutâmico	1,000	0,820	0,640	0,460	0,880	0,700	0,520	0,340	0,760	0,580	0,400	0,220	0,640	0,460	0,280	0,100
Óleo de soja	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080	4,080
Suplemento min/vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte ³	0,300	0,345	0,391	0,437	0,299	0,344	0,390	0,436	0,298	0,343	0,389	0,435	0,297	0,342	0,388	0,434
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³Caulin.

Tabela 4 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd)

Níveis de Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81			
Níveis de Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74
EM (kcal/kg)	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036
Proteína bruta (%)	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50
Cálcio (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Met + cis digestível (%)	0,80	0,93	1,06	1,19	0,92	1,05	1,18	1,31	1,03	1,16	1,29	1,42	1,15	1,28	1,41	1,54
Metionina digestível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,57	0,57	0,57	0,57	0,69	0,69	0,69	0,69	0,81	0,81	0,81	0,81
Cistina digestível (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74
Treonina digestível (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Triptofano digestível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloro (%)	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324
Potássio (%)	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897
BE (mEq/kg)	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06	225,06

Energia Metabolizável (EM) e balanço eletrolítico (BE).

Para manter a temperatura ideal preconizada para as codornas, foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas para aquecimento na fase inicial de crescimento. O programa de iluminação foi o contínuo (24 horas luz) nas fases inicial e final de crescimento, utilizando, lâmpadas incandescentes.

As mensurações de temperatura e umidade foram realizadas através de termohigrômetros em três pontos no galpão. Os valores médios de temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar mínima e máxima foram registrados no início da manhã (8 horas) e no final da tarde (16 horas) (Tabela 5).

Tabela 5 - Média semanal da temperatura e umidade dentro e fora dos boxes durante o período experimental

Idade (dias)	Período	Dentro do box		Fora do box			
		Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1 a 7	Manhã	37,00	26,89	34,49	22,60	63,38	20,88
	Tarde	37,20	27,65	35,75	24,44	59,83	18,58
8 a 14	Manhã	30,06	19,87	30,25	18,69	68,95	32,71
	Tarde	30,83	21,61	29,16	19,98	71,67	42,22
15 a 21	Manhã	28,98	14,96	27,34	14,73	72,00	28,19
	Tarde	27,88	17,75	27,22	17,69	62,28	34,33
22 a 28	Manhã	32,77	22,88	33,19	21,97	74,57	29,43
	Tarde	32,80	24,14	31,55	24,44	71,33	34,80
29 a 35	Manhã	31,39	20,66	29,63	19,65	76,24	42,42
	Tarde	30,94	22,04	30,34	21,18	70,73	37,60

3.2.2. Desempenho

As codornas, rações e sobras de rações foram pesadas semanalmente para a obtenção dos valores de peso médio (PC), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e biomassa corporal acumulada (BCA) das aves.

3.2.3. Composição e deposição química corporal

Para a determinação da composição química dos nutrientes na carcaça das codornas, foi utilizada a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007), sendo realizado o abate de quatro (dois machos e duas fêmeas) e duas codornas (um macho e uma fêmea) por repetição, aos 14 e 35 dias de idade, respectivamente. Anteriormente ao

abate, as aves foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$) da unidade experimental e submetidas a jejum (água *ad libitum*) (cinco horas) para esvaziamento do trato gastrointestinal.

Após esse procedimento, as codornas foram novamente pesadas e então sacrificadas, sendo congeladas as carcaças inteiras (com penas, vísceras, pés e cabeça), para posteriormente serem moídas em moedor de carne. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas. Após este período foram pesadas, moídas em moinho e determinado a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), gordura (GD) e cinzas (CZ) das amostras, conforme os procedimentos descritos por AOAC (2005).

A taxa de deposição de proteína e gordura corporal (g/dia) e energia retida na carcaça (kcal/dia), foi determinada utilizando a metodologia de Fraga et al. (2008).

A taxa de deposição de proteína corporal (TDP) na fase inicial de crescimento foi calculada por meio da comparação da proteína corporal na carcaça das codornas abatidas com um dia de idade (30 codornas) e com 14 dias de idade. Na fase final de crescimento, a TDP foi determinada comparando a proteína corporal das aves com 15 dias (10 codornas abatidas) e com 35 dias de idade.

A taxa de deposição de gordura corporal (TDG) foi obtida de modo similar à TDP, fazendo-se o uso dos valores de gordura corporal. Para a mensuração da energia retida na carcaça (ERC) foi utilizado os valores energéticos (kcal/g) da proteína e gordura de 5,66 e 9,37 kcal/g, respectivamente, propostos por Sakomura (2004).

3.2.4. *Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino*

O peso relativo do coração (CR), fígado (FIG), moela (MO), intestino (PIN) e comprimento relativo de intestino (CI) foram avaliados aos 15 e 35 dias de idade, em duas codornas por repetição (um macho e uma fêmea). As codornas foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$) da repetição, submetidas a jejum (água *ad libitum*) (cinco horas) para completa eliminação do conteúdo do trato gastrointestinal.

Posteriormente, as aves foram pesadas, sacrificadas, exsanguinadas, escaldadas (submersas em água a uma temperatura de $53-55^{\circ}\text{C}/10$ segundos), depenadas e evisceradas, por uma incisão na cavidade abdominal. As vísceras foram extraídas e pesadas em balança de precisão, sendo também medido o comprimento do intestino. Através desses dados foram determinados os pesos relativos desses órgãos e o comprimento relativo do intestino em relação ao peso vivo da ave.

3.2.5. *Rendimento de carcaça e cortes*

A carcaça e cortes de duas codornas (um macho e uma fêmea) por repetição, abatidas aos 35 dias de idade para a pesagem dos órgãos, foram extraídos e pesados em balança de precisão. Para o cálculo de rendimento de carcaça (RC), foi considerado o peso da carcaça eviscerada em relação ao peso vivo da ave. Para a mensuração do rendimento do peito (RP), dorso (RD), as duas asas juntas (RA) e as duas coxas e sobrecoxas juntas (RS), foram considerados os pesos de cada corte em relação ao peso da carcaça eviscerada.

3.2.6. *Empenamento das codornas*

Aos 14 e 35 dias de idade, foi avaliada a percentagem de penas em duas codornas por repetição (um macho e uma fêmea), utilizando a metodologia proposta por Cooper e Washburn (1997) e Lowe e Merkley (1985), no qual determina através do cálculo da diferença de peso das carcaças antes e após serem depenadas. Com este valor foi calculado a percentagem das penas em relação ao peso da carcaça.

3.2.7. *Parâmetros ósseos*

As duas codornas (um macho e uma fêmea) que foram abatidas para a avaliação do percentual do empenamento, aos 14 e 35 dias de idade, foram utilizadas para a retirada do fêmur e tíbia esquerda, para a análise de índice de Seedor (IS), densitometria (DO), resistência óssea (REO) e cinzas (CZFT).

Os ossos extraídos foram congelados e, posteriormente retirado o tecido muscular, foram pesados e medidos o comprimento (COMP) e diâmetro (DIAM) com paquímetro digital. Para determinação do índice de Seedor (Seedor et al., 1996), foi utilizada a equação:

$$\text{Índice de Seedor} = \text{peso dos ossos (mg)} / \text{comprimento (mm)}.$$

Os ossos foram desengordurados em éter de petróleo (submersos nessa solução 24 horas), pré-secos em estufa de ventilação forçada (55° C), por 72 horas, para então ser mensurada a densidade óptica radiográfica na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá. Para esta análise, os ossos foram colocadas sob um filme (marca Kodak Intraoral E-Speed Film, size 2, tipo periapical) juntamente com numeração metálica para identificação e escala de alumínio de 10 degraus com

espessura de um milímetro entre um degrau e outro. Em seguida, as amostras foram radiografadas (raios-x odontológico DabiAtlante®, modelo Spectro 70X eletrônico, operando a 70 kVp, 8 mA), utilizando tempo de exposição de 0,2 segundos e distância foco-filme de seis centímetros, previamente determinados. Após, as radiografias foram reveladas (150 segundos, com soluções da Kodak RP X-Omat), digitalizadas (scanner) e realizada a leitura com o software Adobe Photoshop CS6.

Para a leitura das imagens, foi utilizada a ferramenta histograma deste software, no qual se baseia em uma escala de cores, mais especificamente o cinza, contendo 256 tons, no qual o zero e o 256 representam o preto e o branco, respectivamente. A DO foi obtida comparando a medida (tamanho fixo de 10 px x 10 px) de três pontos centrais do osso com o ponto do terceiro degrau da escala de alumínio.

A REO do fêmur e da tíbia foi realizada com uma prensa para ensaios de resistência à compressão simples. Os ossos foram posicionados na posição ântero-posterior, apoiados na região das epífises, aplicado uma força na região central com uma sonda, utilizando velocidade de 5 mm/s e carga de 500 N (Newton), sendo anotado a força exercida no momento da quebra óssea.

Os ossos após a determinação da REO, foram utilizados para a mensuração da matéria seca (MS) e cinzas (CZ) da tíbia e fêmur juntos, seguindo as metodologias da AOAC (2005).

3.2.8. Composição química do fígado

Para a determinação da composição química do fígado foi utilizada a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007), sendo realizado o abate de seis codornas (três machos e três fêmeas) por repetição, sendo duas destas aves utilizadas também para a extração e pesagem dos órgãos aos 35 dias de idade.

Os fígados coletados foram pré-secos em estufa de ventilação forçada (55°C/72 horas), moídos em micromoinho e analisadas a matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e gordura (GD), de acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005).

3.2.9. Parâmetros sanguíneos

Para avaliar a concentração sérica de ácido úrico (AUR), colesterol total (COLT), lipoproteínas de alta densidade (HDL), alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), creatinina (CRE) e triglicerídeos (TGR) de codornas de corte

aos 15 e 35 dias de idade, foram extraídos sangue de oito e quatro codornas por repetição, respectivamente.

As aves foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 10\%$) da repetição, permanecendo cinco horas em jejum (água *ad libitum*) e, em seguida, realizada a colheita de sangue na veia ulnar, acondicionando-o em tubos de ensaio e realizada a centrifugação a 3.000 rpm por 15 minutos. O soro obtido foi armazenado em tubos do tipo *eppendorf* e mantidos congelados (-10°C) até o momento da realização das leituras dos parâmetros sanguíneos no espectrofotômetro (modelo Bioplus 2000) com o uso de kits comerciais específicos (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - MG).

Para determinação da homocisteína (HOM), o sangue coletado (2 mL) foi acondicionado em tubos de ensaio tipo vacutainer, sem anticoagulante e encaminhados para o laboratório para a leituras da HOM no soro por meio do método de quimioluminescência (Mindicino et al., 2002).

Para calcular as concentrações de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (LDL) foram empregadas as fórmulas de Friedewald et al. (1972).

3.2.10. Análise estatística

Os dados do experimento foram analisados estatisticamente utilizando o software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = b_0 + b_1M_i + b_2C_j + b_3M_{i2} + b_4C_{j2} + b_5MC_{ij} + FA + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de metionina digestível e o nível j de cistina digestível;

b_0 = constante geral;

b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de metionina digestível;

M_i = nível de metionina digestível para a fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade): $M_1 = 0,50$; $M_2 = 0,62$; $M_3 = 0,74$ e $M_4 = 0,86\%$ e para a fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade): $M_1 = 0,45$; $M_2 = 0,57$; $M_3 = 0,69$ e $M_4 = 0,81\%$;

C_j = nível de cistina digestível para a fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade): $C_1 = 0,40$; $C_2 = 0,53$; $C_3 = 0,66$ e $C_4 = 0,79\%$ e para a fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade): $C_1 = 0,35$; $C_2 = 0,48$; $C_3 = 0,61$ e $C_4 = 0,74\%$;

b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de cistina digestível;

b_3 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de metionina digestível;

b_4 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de cistina digestível;

b_5 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de metionina digestível e nível de cistina digestível;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

Foram realizadas as análises de regressão nos níveis de metionina e cistina digestíveis e as estimativas das exigências nutricionais para estes aminoácidos foram estabelecidas através do modelo quadrático de acordo com Sakomura e Rostagno (2007).

Foi considerada a proporção de sexo (número de machos/números de fêmeas) na unidade experimental para a realização das análises estatísticas dos dados obtidos na fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade) das codornas de corte, sendo utilizado como uma covariável experimental.

3.3. Resultados

3.3.1. Fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade)

3.3.1.1. Desempenho

Não foi observado efeito de interação para metionina digestível (Metd) e cistina digestível (Cisd) sobre as variáveis de desempenho no período de um a 14 dias de idade, indicando que níveis de Metd e Cisd agiram de maneiras independentes sobre estas variáveis (Tabela 6).

O CR, PC, GP e a BCA foram influenciados de forma quadrática em função dos níveis de Metd e Cisd nas rações (Tabela 6). As estimativas de máximo CR (123,53 g/ave), PC (76,51 g), GP (67,89 g) e BCA (756,85%) foram obtidos com rações contendo 0,68% de Metd e 0,66% de Cisd, 0,66% de Metd e 0,59% de Cisd, 0,66% de Metd e 0,60% de Cisd e 0,66% de Metd e 0,54% de Cisd, respectivamente (Figura 1).

Para a variável CA houve efeito quadrático em função dos níveis de Metd. A estimativa do valor de 1,79 para a melhor CA foi obtida com a utilização de 0,64% de Metd na ração.

3.3.1.2. *Composição e deposição química corporal*

Houve interação entre os níveis de Metd e Cisd sobre a PB (Tabela 7), ocorrendo aumento linear em função do aumento dos níveis de Metd e Cisd.

A quantidade de água na carcaça (AG) demonstrou aumento linear crescente em função dos níveis de Metd.

A TDP apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Metd e Cisd. De acordo com a equação, o nível de 0,68% de Metd e 0,62% de Cisd, resultou em maior TDP (0,98 g/dia).

Para a ERC, obteve-se efeito quadrático em função dos níveis de Metd, estimando-se o máximo valor (7,36 kcal/dia) no nível de 0,67% de Metd.

3.3.1.3. *Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino*

Houve interação entre os níveis de Metd e Cisd somente para o CI (Tabela 8). O CI apresentou um efeito linear negativo em função dos níveis de Metd e Cisd.

O PIN e MO foram influenciados de forma quadrática em função dos níveis de Cisd nas rações. As estimativas de mínimo PIN e MO foram obtidas com rações contendo 0,65% e 0,60% de Cisd, respectivamente.

O CR aumentou linearmente em função dos níveis de Metd. O FIG também apresentou efeito linear crescente, em função dos níveis de Metd e Cisd.

3.3.1.4. *Empenamento das codornas*

Os níveis de Metd e Cisd não influenciaram o empenamento das codornas de corte aos 14 dias de idade (Tabela 9).

3.3.1.5. *Parâmetros sanguíneos*

Houve interação com aumento linear para concentrações no soro sanguíneo da AST aos 14 dias de idade em função dos níveis crescentes de Metd e Cisd nas rações (Tabela 10).

As concentrações séricas de AUR apresentaram efeito quadrático para a Metd e Cisd, estimando as menores concentrações (5,28 mg/dL) no nível de 0,65% de Metd e 0,59% de Cisd.

As variáveis COLT e CREA apresentaram efeito linear crescente em função do aumento dos níveis de Metd e Cisd.

A concentração de HOM aumentou linearmente em função dos níveis de Metd. O HDL e LDL agiram de forma linear, sendo que o HDL reduziu e o LDL aumentou em função do aumento dos níveis de Cisd.

3.3.1.6. Parâmetros ósseos

Foi observado efeito de interação para Metd e Cisd sobre as variáveis peso e COMP da tíbia aos 14 dias de idade (Tabela 11). As variáveis aumentaram linearmente em função dos níveis de Metd e Cisd nas rações.

A DO do fêmur, REO do fêmur e DO da tíbia apresentaram efeito quadrático em função dos níveis de Metd, com valor mínimo estimado em 2,23 mm Eq/Al, 28,87 kgf e 2,33 mm Eq/Al em rações contendo 0,67%, 0,67% e 0,66% de Metd, respectivamente.

O COMP do fêmur aumentou em função do aumento dos níveis de Cisd. O aumento dos níveis de Metd nas rações proporcionou um aumento no IS da tíbia e reduziu as CZFT.

Tabela 6 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

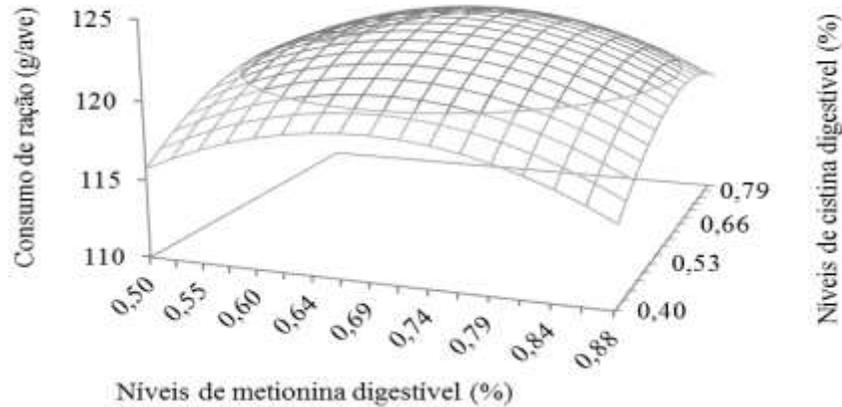
Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
CR (g/ave)	113,81	122,20	122,25	114,55	120,87	125,98	118,32	125,29	113,40	122,07	123,85	122,26	118,59	119,42	115,57	123,38	0,612
PC (g)	71,83	74,64	76,84	72,54	74,37	73,86	74,78	75,06	76,25	77,58	77,03	74,33	71,54	74,74	69,84	73,12	0,401
GP (g)	63,21	66,03	68,13	63,96	65,77	65,28	66,23	66,42	67,61	68,94	68,30	65,79	62,89	66,08	61,29	64,47	0,395
BCA (%)	733,48	765,77	782,22	745,32	764,77	760,48	775,03	769,08	782,78	798,25	782,62	769,86	726,58	763,37	717,26	744,99	4,122
CA	1,80	1,80	1,85	1,85	1,83	1,84	1,79	1,86	1,68	1,73	1,81	1,86	1,99	1,93	1,89	1,87	0,128
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
CR = 49,7424 + 132,182Metd - 96,6441Metd ² + 86,0727Cisd - 64,7721Cisd ²									0,66	0,68%	0,66%	0,026 (Q)	0,060 (Q)	NS			
PC = 28,3368 + 104,512Metd - 78,7908Metd ² + 45,2719Cisd - 37,9030Cisd ²									0,73	0,66%	0,59%	0,010 (Q)	0,080 (Q)	NS			
GP = 19,5726 + 105,237Metd - 79,3432Metd ² + 44,9173Cisd - 37,5668Cisd ²									0,74	0,66%	0,60%	0,008 (Q)	0,080 (Q)	NS			
BCA = 215,091 + 1288,25Metd - 971,701Metd ² + 428,580Cisd - 400,014Cisd ²									0,80	0,66%	0,54%	0,002 (Q)	0,069 (Q)	NS			
CA = 2,83085 - 3,24669Metd + 2,52404Metd ²									0,68	0,64%	-----	0,007 (Q)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); consumo de ração (CR); peso corporal (PC); ganho de peso (GP); biomassa corporal acumulada (BCA); conversão alimentar (CA); não significativo (NS); coeficiente de determinação (R²); efeito linear (L) e quadrático (Q).

(a)

$$CR = 49,7424 + 132,182Metd - 96,6441Metd^2 + 86,0727Cisd - 64,7721Cisd^2$$

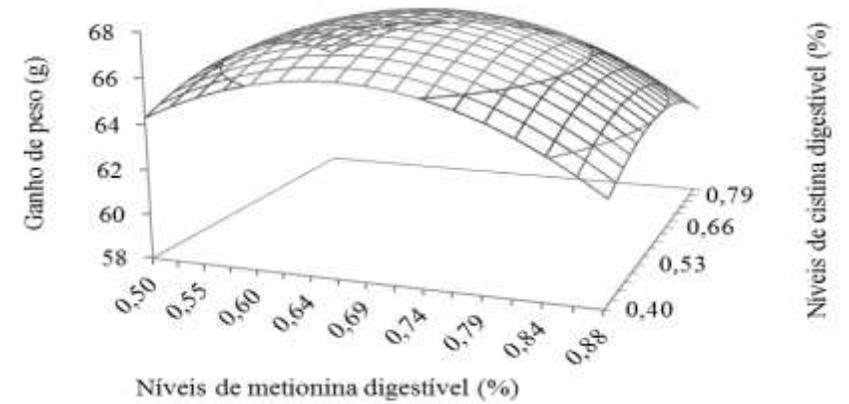
$$(R^2 = 0,66)$$



(b)

$$GP = 19,5726 + 105,237Metd - 79,3432Metd^2 + 44,9173Cisd - 37,5668Cisd^2$$

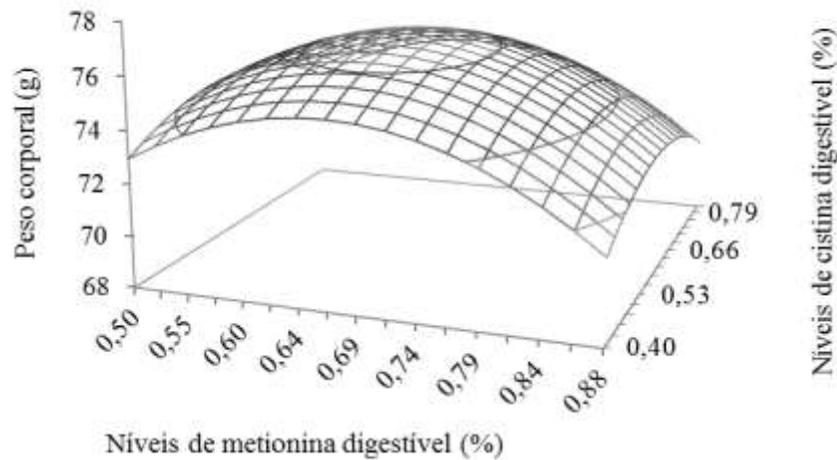
$$(R^2 = 0,74)$$



(c)

$$PC = 28,3368 + 104,512Metd - 78,7908Metd^2 + 45,2719Cisd - 37,9030Cisd^2$$

$$(R^2 = 0,73)$$



(d)

$$BCA = 215,091 + 1288,25Metd - 917,701Metd^2 + 428,580Cisd - 400,014Cisd^2$$

$$(R^2 = 0,80)$$

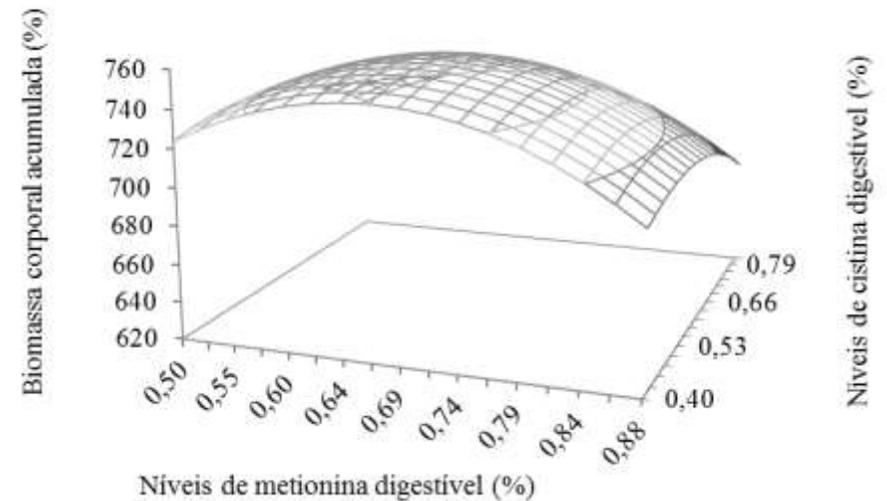


Figura 1- Consumo de ração (a), ganho de peso (b), peso corporal (c) e biomassa corporal acumulada (d) de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.

Tabela 7 - Valores médios de composição química corporal aos 14 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
CQC																	
AG (%)	70,22	71,15	71,25	70,66	69,98	72,29	73,16	71,02	73,54	73,16	69,62	71,99	73,00	72,58	73,49	72,07	0,410
PB (%MS)	64,83	68,71	69,26	68,78	65,97	70,88	70,20	67,13	70,20	66,57	66,88	67,24	70,51	68,95	67,76	65,97	0,392
GD (%MS)	18,47	18,18	15,75	17,34	17,92	16,66	15,40	16,55	16,68	18,37	17,16	19,04	15,24	18,41	15,55	15,40	0,269
CZ (%MS)	10,82	11,64	11,22	11,22	10,71	11,61	10,65	10,80	11,09	10,67	11,56	11,31	11,36	11,20	11,16	11,30	0,113
TDP (g/dia)	0,78	0,89	0,93	0,85	0,88	0,85	1,08	0,89	0,94	0,83	1,10	0,85	0,82	0,93	0,79	0,89	0,018
TDG (g/dia)	0,19	0,22	0,20	0,20	0,23	0,18	0,24	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,17	0,21	0,18	0,22	0,005
ERC (kcal/dia)	6,20	7,12	7,10	6,68	7,12	6,54	8,36	7,05	7,23	6,73	8,33	6,94	6,25	7,24	6,15	7,08	0,128
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
AG = 68,0370 + 5,57747Metd									0,93	-----	-----	0,041 (L)	NS	NS			
PB = 45,5947 + 34,7799Metd + 37,2216Cisd - 57,5646Metd*Cisd									0,88	-----	-----	0,006 (L)	0,007 (L)	0,005			
TDP = - 0,868907 + 3,32384Metd - 2,45509Metd ² + 2,34871Cisd - 1,90751Cisd ²									0,71	0,68%	0,62%	0,030 (Q)	0,042 (Q)	NS			
ERC = - 1,54483 + 26,3997Metd - 19,5639Metd ²									0,76	0,67%	-----	0,028 (Q)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); composição química corporal (CQC); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); cinzas (CZ); taxa de deposição de proteína corporal (TDP); taxa de deposição de gordura (TDG); energia retida na carcaça (ERC); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 8 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
PV (g)	71,01	76,29	78,66	76,13	73,97	73,56	73,92	80,18	74,26	78,43	78,59	71,12	75,34	75,59	71,94	75,63	0,494
CR (%)	0,862	0,955	0,870	0,855	0,928	0,952	0,958	0,907	0,978	0,932	0,850	1,020	1,002	0,883	1,042	0,963	0,014
CI (cm)	85,40	77,25	78,08	79,90	84,07	80,11	80,02	74,85	79,29	76,32	74,09	79,44	79,99	78,48	80,32	80,64	0,697
PIN (%)	8,45	7,33	8,78	7,78	9,37	8,64	8,37	8,15	8,82	7,71	7,13	7,95	8,81	7,65	7,90	8,40	0,126
MO (%)	4,40	4,03	4,38	4,22	4,55	4,26	4,05	4,09	3,94	4,06	3,61	4,28	4,13	4,03	4,09	4,49	0,069
FIG (%)	3,77	3,78	3,71	3,74	3,86	3,79	3,87	3,88	3,75	3,64	3,92	4,28	3,84	3,93	4,06	4,13	0,046
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
CR = 0,787340 + 0,218600Metd									0,96	-----	-----	0,019 (L)	NS	NS			
CI = 107,775 - 34,9571Metd - 44,6866Cisd + 54,0035Metd*Cisd									0,88	-----	-----	0,062 (L)	0,041 (L)	0,073			
PIN = 14,3730 - 20,1825Cisd + 15,5617Cisd ²									0,72	-----	0,65%	NS	0,020 (Q)	NS			
MO = 6,12157 - 6,99869Cisd + 5,87704Cisd ²									0,93	-----	0,60%	NS	0,078 (Q)	NS			
FIG = 3,15064 + 0,560718Metd + 0,553063Cisd									0,85	-----	-----	0,071 (L)	0,064 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); peso vivo (PV); peso relativo do coração (CR); comprimento relativo do intestino (CI); peso relativo do intestino (PIN); peso relativo da moela (MO); peso relativo do fígado (FIG); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 9 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
PV (g)	71,01	76,29	78,66	76,15	73,97	73,56	73,92	80,18	74,26	78,43	78,59	71,12	75,34	75,59	71,94	75,63	0,503
EMP (%)	7,91	9,22	7,87	8,62	9,46	7,30	8,71	7,36	8,67	9,10	9,38	7,50	7,80	7,40	7,81	8,50	0,198

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); peso vivo (PV) e empenamento das codornas (EMP).

Tabela 10 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
HOM (µmol/L)	18,47	19,77	16,15	13,20	15,50	19,10	17,50	22,13	21,90	19,60	15,20	19,15	17,33	25,20	22,17	22,33	0,746
ALT (U/L)	16,00	18,67	14,00	17,67	13,67	17,17	13,00	18,67	16,00	17,00	20,33	14,67	15,83	16,33	15,00	15,00	0,495
AST (U/L)	247,67	271,00	241,83	300,00	240,17	247,67	239,33	265,67	259,17	300,67	279,50	191,33	266,67	266,83	267,17	253,67	5,642
TGR (mg/dL)	78,67	77,67	74,67	89,33	74,17	74,00	74,17	78,33	78,00	75,33	88,67	69,50	86,17	78,50	78,17	82,17	1,816
COLT (mg/dL)	105,67	123,00	127,33	138,17	129,00	125,17	143,67	132,00	149,33	129,83	157,67	140,33	125,67	130,17	150,33	157,17	4,167
HDL (mg/dL)	74,17	74,17	73,50	66,50	71,33	80,67	71,00	67,33	78,67	64,00	74,83	39,00	80,17	73,17	65,33	55,75	2,662
LDL (mg/dL)	15,77	33,30	38,90	53,80	42,83	29,70	57,83	49,00	55,07	50,77	65,10	35,77	28,27	41,30	69,37	61,90	4,153
VLDL (mg/dL)	15,73	15,53	14,93	17,87	14,83	14,80	14,83	15,67	15,60	15,07	17,73	13,90	17,23	15,70	15,63	16,43	0,363
AUR (mg/dL)	5,93	4,70	6,48	7,28	5,85	6,00	5,00	4,68	7,30	5,18	5,63	6,90	6,77	5,60	7,07	6,28	0,175
CRE (mg/dL)	0,150	0,150	0,206	0,225	0,223	0,197	0,169	0,207	0,169	0,263	0,225	0,188	0,188	0,188	0,206	0,282	0,007
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
HOM = 10,5485 + 12,4931Metd									0,92	-----	-----	0,012 (L)	NS	NS			
AST = 58,1150 + 306,228Metd + 332,423Cisd - 507,900Metd*Cisd									0,69	-----	-----	0,055 (L)	0,062 (L)	0,052			
COLT = 71,1653 + 53,0903Metd + 47,0833Cisd									0,75	-----	-----	0,041 (L)	0,047 (L)	NS			
HDL = 90,7561 - 33,9452Cisd									0,77	-----	-----	NS	0,039 (L)	NS			
LDL = 16,7375 + 48,4103Cisd									0,74	-----	-----	NS	0,056 (L)	NS			
AUR = 20,2995 - 27,6240Metd + 21,2869Metd ² - 20,5418Cisd + 17,4117Cisd ²									0,59	0,65%	0,59%	0,049 (Q)	0,056 (Q)	NS			
CRE = 0,0788778 + 0,0928115Metd + 0,101121Cisd									0,82	-----	-----	0,035 (L)	0,017 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); homocisteína (HOM); alanina aminotransferase (ALT); aspartato aminotransferase (AST); triglicérides (TGR); colesterol total (COLT); lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL); lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL); ácido úrico (AUR); creatinina (CRE); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 11 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,50				0,62				0,74				0,86				EP
Cisd (%)	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	0,40	0,53	0,66	0,79	
Fêmur																	
Peso (g)	0,60	0,77	0,73	0,61	0,69	0,57	0,65	0,69	0,65	0,69	0,72	0,71	0,67	0,71	0,66	0,75	0,015
DIAM (mm)	2,01	2,18	1,98	2,00	2,05	2,05	1,95	2,08	1,93	2,10	2,02	2,17	2,17	2,05	1,94	2,12	0,025
COMP (mm)	37,26	36,23	38,61	38,90	38,49	36,64	37,50	39,04	38,91	39,56	37,59	37,49	35,14	36,02	38,04	39,51	0,304
IS (mg/mm)	16,02	21,43	21,45	15,70	17,93	15,58	17,30	17,58	16,58	17,43	19,35	18,81	19,00	19,86	17,46	18,95	0,382
DO (mm Eq/Al)	2,28	2,30	2,26	2,26	2,30	2,22	2,27	2,25	2,20	2,28	2,21	2,20	2,34	2,33	2,30	2,27	1,236
REO (kgf)	26,12	36,29	31,06	37,00	29,08	33,89	37,14	28,24	36,71	24,28	26,68	19,48	32,19	35,51	36,01	37,70	0,010
Tíbia																	
Peso (g)	0,50	0,61	0,61	0,53	0,59	0,58	0,54	0,62	0,56	0,59	0,57	0,55	0,72	0,60	0,51	0,61	0,011
DIAM (mm)	2,18	2,22	2,21	2,16	2,25	2,22	2,16	2,34	2,16	2,07	2,20	2,03	2,05	2,23	2,11	2,47	0,002
COMP (mm)	29,70	29,84	31,16	31,93	29,89	29,57	30,04	31,58	30,28	31,54	31,62	29,85	31,11	29,01	29,07	30,20	0,226
IS (mg/mm)	16,73	20,34	18,44	16,67	19,66	19,57	17,97	19,79	18,45	18,71	18,13	18,54	21,64	20,70	17,78	20,07	0,305
DO (mm Eq/Al)	2,34	2,38	2,36	2,35	2,43	2,28	2,33	2,37	2,32	2,35	2,31	2,35	2,41	2,41	2,36	2,30	0,813
REO (kgf)	27,11	34,17	32,62	34,03	31,20	30,92	30,21	30,92	39,96	32,48	26,12	29,79	27,53	28,52	33,75	33,39	0,009
CZFT (%MS)	39,21	39,38	39,32	41,70	40,06	34,99	39,33	38,50	38,50	38,97	40,26	35,86	36,82	38,18	36,97	32,43	0,524
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
COMP Fêmur = 35,6774 + 3,56208Cisd									0,53	-----	-----	NS	0,067 (L)	NS			
DO Fêmur = 3,06384 - 2,50528Metd + 1,88281Metd ²									0,74	0,67%	-----	0,005 (Q)	NS	NS			
REO Fêmur = 99,6165 - 210,245Metd + 156,196Metd ²									0,79	0,67%	-----	0,040 (Q)	NS	NS			
Peso Tíbia = 0,116188 + 0,729908Metd + 0,659394Cisd - 1,04700Metd*Cisd									0,81	-----	-----	0,022 (L)	0,053 (L)	0,038			
COMP Tíbia = 20,7470 + 12,4525Metd + 18,1173Cisd - 23,7461Metd*Cisd									0,87	-----	-----	0,046 (L)	0,015 (L)	0,024			
IS Tíbia = 15,9962 + 4,34230Metd									0,43	-----	-----	0,030 (L)	NS	NS			
DO Tíbia = 2,74730 - 1,25194Metd + 0,948273Metd ²									0,79	0,66%	-----	0,080 (Q)	NS	NS			
CZFT = 44,4658 - 9,22719Metd									0,84	-----	-----	0,013 (L)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); diâmetro do osso (DIAM); comprimento do osso (COMP); índice de Seedor (IS); densidade óssea (DO); resistência óssea (REO); cinzas do fêmur e tíbia (CZFT), coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

3.3.2. Fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade)

3.3.2.1. Desempenho

Não houve interação entre os níveis de Metd e Cisd sobre as variáveis de desempenho das codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade (Tabela 12).

As variáveis PC, GP e BCA foram influenciadas de maneira quadrática em função do aumento dos níveis de Metd e Cisd nas rações experimentais. O máximo PC (219,86 g), GP (141,95 g) e BCA (182,18%) foram obtidos em rações contendo 0,63% de Metd e 0,58% de Cisd (Figura 2).

O CR apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Cisd, em que o máximo CR (445,82 g/ave) foi observado para o nível de 0,58% de Cisd.

3.3.2.2. Composição e deposição química corporal

Houve interação para a ERC em que reduziu linearmente com o aumento dos níveis de Metd e Cisd nas rações (tabela 13).

O teor de PB apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Metd e Cisd, com maior valor (57,62%) observado em rações contendo 0,59% de Metd e 0,52% de Cisd.

A quantidade de água na carcaça (AG) e TDP apresentaram efeito quadrático em função dos níveis de Cisd. A maior quantidade de AG (71,67%) e a maior TDP (1,04 g/dia) foram determinadas com níveis de Cisd estimados em 0,66% e 0,49%, respectivamente.

A GD e a TDG na carcaça foram influenciadas de maneira quadrática em função do aumento dos níveis de Metd. A estimativa de menor percentagem de GD (30,75%MS) e TDG (0,74 g/dia) foi obtida com o nível de 0,61% de Metd nas rações.

3.3.2.3. Rendimento de carcaça e cortes

Não houve interação significativa para RC e cortes avaliados em codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de Metd e Cisd (Tabela 14).

Porém, houve efeito quadrático para o RC em função dos níveis de Cisd e para o RP em função dos níveis de Metd, sendo estimado o máximo RC (61,93%) no nível de 0,62% de Cisd, e para RP (45,46%) no nível de 0,65% de Metd.

Houve aumento no RD aos 35 dias de idade, conforme aumentaram os níveis de Cisd nas rações.

3.3.2.4. *Peso relativo de órgãos e comprimento relativo do intestino*

Não houve interação entre os níveis de Metd e Cisd para o peso relativo dos órgãos e CI, aos 35 dias de idade (Tabela 15), indicando que a Metd e Cisd agiram de forma independente sobre estas variáveis.

Houve efeito quadrático para o CI em função dos diferentes níveis de Metd e Cisd, estimando através da equação o menor CI (32,72 cm) de codornas no nível de 0,70% de Metd e 0,62% de Cisd.

O PIN também apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Metd, em que o nível de 0,66% de Metd na ração resultou em menor PIN (4,94%).

O CR aumentou linearmente em função dos níveis de Metd, e o FIG aumentou em função dos níveis de Cisd (Tabela 15).

3.3.2.5. *Empenamento das codornas*

Houve interação aos 35 dias de idade, para o empenamento das codornas de corte, que aumentou linearmente conforme os níveis de Metd e Cisd aumentaram nas rações experimentais (Tabela 16).

3.3.2.6. *Composição química do fígado*

Não foi observada interação entre os níveis de Metd e Cisd sobre a composição química do fígado, aos 35 dias de idade (Tabela 17). A quantidade de água no fígado das codornas de corte reduziu em função do aumento dos níveis de Metd.

3.3.2.7. *Parâmetros sanguíneos*

Houve interação sobre a concentração sérica de CRE, que aumentou linearmente em função dos níveis de Metd e Cisd (Tabela 18).

O AUR apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Metd e Cisd, em que o menor valor (5,14 mg/dL) foi obtido em rações contendo 0,63% de Metd e 0,52% de Cisd.

A AST e o COLT aumentaram suas concentrações no soro de forma linear conforme aumentaram os níveis de Metd e Cisd.

Verificou-se ainda aumento nas concentrações séricas de HOM em função dos níveis de Metd e aumento do LDL em função dos níveis de Cisd.

3.3.2.8. *Parâmetros ósseos*

Houve interação entre os níveis de Metd e Cisd sobre a REO da tibia, que aumentou em função dos níveis crescentes de ambos aminoácidos sulfurosos (Tabela 19).

O peso do fêmur, IS do fêmur, REO do fêmur, DO da tibia e CZFT apresentaram um efeito quadrático (Tabela 19) em função dos níveis de Metd, em que os maiores valores (1,20 g, 21,91 mg/mm, 53,04 kgf, 1,89 mm Eq/Al e 46,11%, respectivamente) para estas variáveis foram obtidos com os níveis de 0,68%, 0,68%, 0,68%, 0,67% e 0,69% de Metd, respectivamente.

Tabela 12 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

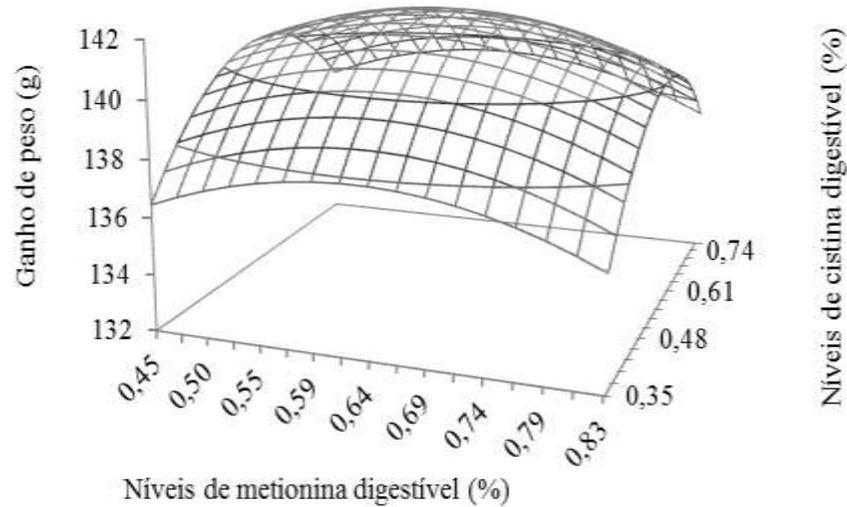
Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
CR (g/ave)	416,35	445,72	445,81	433,40	429,10	449,59	451,21	436,57	418,13	449,21	437,51	438,13	427,72	434,77	434,45	439,55	1,821
PC (g)	217,86	218,10	215,26	216,47	216,24	220,75	218,13	218,50	213,05	219,79	219,86	218,79	214,63	217,22	220,79	215,34	0,374
GP (g)	139,05	140,63	136,93	138,11	137,77	142,53	8,00	140,82	134,46	141,26	141,72	140,84	136,05	139,52	142,76	136,91	0,407
BCA (%)	176,45	181,54	174,82	176,28	175,56	182,21	180,55	181,27	171,11	179,90	181,38	180,70	173,12	179,59	182,97	174,57	0,623
CA	2,99	3,17	3,26	3,14	3,12	3,15	3,21	3,10	3,11	3,18	3,09	3,11	3,14	3,12	3,04	3,21	0,013
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
CR = 309,324 + 467,595Cisd - 400,432Cisd ²									0,89	-----	0,58%	NS	0,000 (Q)	NS			
PC = 180,203 + 54,0077Metd - 42,9984Metd ² + 78,9339Cisd - 68,6100Cisd ²									0,96	0,63%	0,58%	0,067 (Q)	0,003 (Q)	NS			
GP = 97,9918 + 56,4958Metd - 45,0201Metd ² + 90,6357Cisd - 78,2905Cisd ²									0,94	0,63%	0,58%	0,069 (Q)	0,002 (Q)	NS			
BCA = 116,406 + 77,3565Metd - 61,7428Metd ² + 142,396Cisd - 122,025Cisd ²									0,93	0,63%	0,58%	0,080 (Q)	0,002 (Q)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); consumo de ração (CR); peso corporal (PC); ganho de peso (GP); biomassa corporal acumulada (BCA); conversão alimentar (CA); não significativo (NS); coeficiente de determinação (R²); efeito linear (L) e quadrático (Q).

(a)

$$GP = 97,9918 + 56,4958Metd - 45,0201Metd^2 + 90,6357Cisd - 78,2905Cisd^2$$

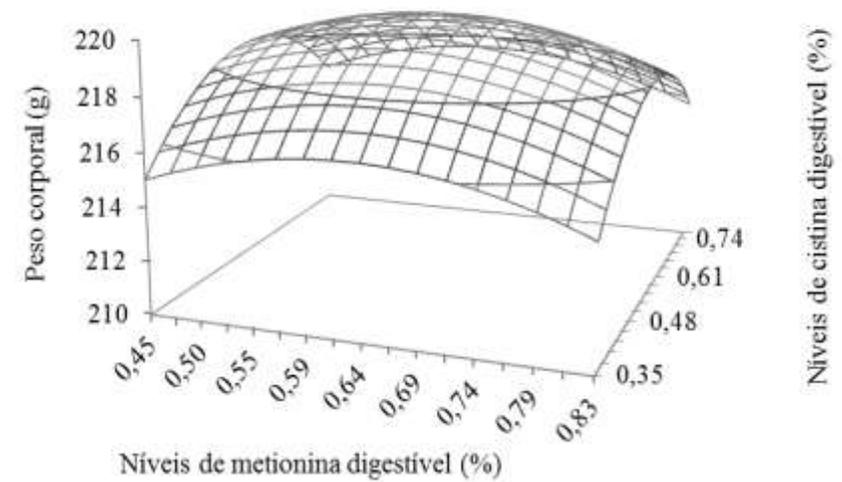
$$(R^2 = 0,94)$$



(b)

$$PC = 180,203 + 54,0077Metd - 42,9984Metd^2 + 78,9339Cisd - 68,6100Cisd^2$$

$$(R^2 = 0,96)$$



(c)

$$BCA = 116,406 + 77,3565Metd - 61,7428Metd^2 + 142,396Cisd - 122,025Cisd^2$$

$$(R^2 = 0,93)$$

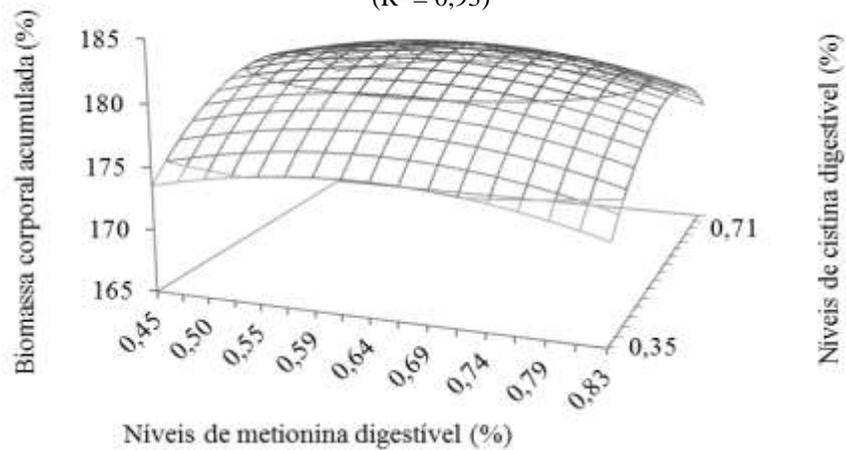


Figura 2 - Consumo de ração (a), peso corporal (b), ganho de peso (c) e biomassa corporal acumulada (d) de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível.

Tabela 13 - Valores médios de composição química corporal aos 35 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
CQC																	
AG (%)	70,34	70,07	72,14	72,37	69,16	71,27	71,99	71,20	71,29	71,80	70,78	71,29	69,87	70,84	72,44	71,25	0,175
PB (%MS)	55,18	56,06	58,09	54,82	55,63	58,35	56,96	57,01	57,21	59,27	55,66	54,05	55,35	54,70	55,25	54,81	0,323
GD (%MS)	33,34	32,27	29,59	31,44	30,45	31,13	31,91	32,02	30,70	30,13	31,50	29,50	31,48	34,22	30,28	33,85	0,415
CZ (%MS)	12,61	11,70	12,82	14,55	12,32	13,79	12,34	11,44	12,21	13,42	13,90	15,19	12,28	11,22	12,24	12,73	0,270
TDP (g/dia)	1,03	1,09	0,94	0,89	1,00	1,05	1,01	0,98	0,97	1,03	1,03	0,90	0,99	1,01	1,02	0,93	0,012
TDG (g/dia)	0,86	0,84	0,65	0,72	0,82	0,79	0,76	0,75	0,70	0,72	0,79	0,69	0,79	0,88	0,79	0,81	0,016
ERC (kcal/dia)	13,91	14,07	11,37	11,74	13,34	13,31	12,88	12,59	12,09	12,61	13,23	11,53	13,02	13,94	13,11	12,88	0,166
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
AG = 64,7479 + 20,8187Cisd – 15,6572Cisd ²									0,97	-----	0,66%	NS	0,080 (Q)	NS			
PB = 34,2535 + 46,4324Metd – 39,2929Metd ² + 37,0042Cisd – 35,4934Cisd ²									0,90	0,59%	0,52%	0,051 (Q)	0,042 (Q)	NS			
GD = 46,6570 – 52,1356Metd + 42,7117Metd ²									0,67	0,61%	-----	0,074 (Q)	NS	NS			
TDP = 0,578274 + 1,88244Cisd – 1,91866Cisd ²									0,97	-----	0,49%	NS	0,002 (Q)	NS			
TDG = 1,37164 – 2,05043Metd + 1,67334Metd ²									0,45	0,61%	-----	0,076 (Q)	NS	NS			
ERC = 19,6352 – 8,40957Metd – 12,7932Cisd + 16,0516Metd*Cisd									0,68	-----	-----	0,063 (L)	0,020 (L)	0,048			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); composição química corporal (CQC); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); cinzas (CZ); taxa de deposição de proteína corporal (TDP); taxa de deposição de gordura (TDG); energia retida na carcaça (ERC); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 14 - Valores médios de rendimento de carcaça de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
PV (g)	215,12	224,93	208,09	205,70	203,10	209,69	219,85	223,13	215,54	222,94	217,88	217,27	220,11	213,66	221,45	219,95	1,469
RC (%)	61,40	62,05	61,79	60,72	60,60	62,14	61,66	60,39	59,67	61,22	62,63	61,88	61,20	60,22	62,94	61,05	0,291
RA (%)	9,65	9,51	10,45	10,48	10,60	9,60	9,54	9,33	9,62	9,49	9,89	10,67	10,25	9,85	10,18	9,29	0,127
RS (%)	23,79	24,22	24,31	24,67	24,70	23,52	24,63	22,70	24,74	23,44	23,89	24,51	24,28	24,52	23,23	24,39	0,180
RD (%)	21,03	20,69	21,80	21,45	20,63	20,97	20,38	22,15	17,99	23,13	19,77	21,36	21,81	20,48	22,68	21,90	0,306
RP (%)	45,52	45,58	45,18	43,40	44,07	45,92	45,45	45,81	47,65	43,94	46,45	43,46	43,66	45,15	43,90	44,42	0,255
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de <i>P</i>			
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
RC = 51,3310 + 34,1917Cisd – 27,5746Cisd ²									0,74	-----	0,62%	NS	0,054 (Q)	NS			
RD = 19,3568 + 2,99654Cisd									0,73	-----	-----	NS	0,076 (L)	NS			
RP = 34,2548 + 34,3567Metd – 26,3371Metd ²									0,96	0,65%	-----	0,068 (Q)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); peso vivo (PV); rendimento de carcaça (RC); rendimento de asas (RA); rendimento de coxas e sobrecoxas (RS); rendimento de dorso (RD); rendimento de peito (RP), coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 15 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
PV (g)	215,12	224,93	208,09	205,70	203,10	209,69	219,85	223,13	215,54	222,94	217,88	217,27	220,11	213,66	221,45	219,95	1,461
CR (%)	0,822	0,963	0,900	0,780	0,900	0,890	0,877	0,962	0,900	0,940	0,927	0,902	0,953	0,895	1,045	1,095	0,014
CI (cm)	35,73	33,44	35,65	35,63	34,25	33,72	33,63	33,44	34,47	34,46	32,22	33,65	37,16	32,63	33,58	34,93	0,414
PIN (%)	5,54	4,84	5,39	4,96	5,17	4,81	5,00	4,99	4,92	5,44	4,53	4,99	5,11	5,47	5,37	5,42	0,099
MO (%)	2,73	2,43	2,84	2,71	2,65	2,96	2,59	2,41	2,67	2,59	2,21	2,66	2,64	2,43	2,77	2,74	0,043
FIG (%)	2,72	2,84	2,86	3,05	2,64	2,83	3,27	3,16	2,44	3,02	2,73	2,72	2,90	2,72	2,70	2,98	0,056
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
CR = 0,693071 + 0,336414Metd									0,90	-----	-----	0,000 (L)	NS	NS			
CI = 66,6918 - 55,4916Metd + 39,8164Metd ² - 47,0525Cisd + 37,8001Cisd ²									0,95	0,70%	0,62%	0,080 (Q)	0,061 (Q)	NS			
PIN = 9,24073 - 13,0208Metd + 9,85140Metd ²									0,98	0,66%	-----	0,078 (Q)	NS	NS			
FIG = 2,41894 + 0,718662Cisd									0,93	-----	-----	NS	0,030 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); peso vivo (PV); peso relativo do coração (CR); comprimento relativo do intestino (CI); peso relativo do intestino (PIN); peso relativo da moela (MO); peso relativo do fígado (FIG); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 16 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
PV (g)	215,12	224,93	208,09	205,70	203,10	209,69	219,85	223,13	215,54	222,94	217,88	217,27	220,11	213,66	221,45	219,95	1,468
EMP (%)	6,77	6,61	6,88	7,45	7,73	6,23	6,97	7,09	6,79	6,94	6,55	6,48	6,68	7,34	6,70	6,10	0,097
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
EMP = 4,05399 + 4,52351Metd + 5,61878Cisd - 8,97619Metd*Cisd									0,95	-----	-----	0,067 (L)	0,050 (L)	0,035			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); peso vivo (PV); empenamento das codornas (EMP) coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 17 - Valores médios de composição química do fígado (CFQ) de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP	
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74		
CQF																		
AG (%)	69,96	71,71	72,39	70,88	71,22	71,86	70,77	69,69	70,20	71,26	69,68	72,19	69,54	70,06	69,55	69,48	0,254	
PB (%MS)	69,84	72,67	76,70	70,58	72,16	71,55	72,91	70,47	72,41	74,71	69,38	74,65	70,10	70,93	69,66	72,79	0,625	
GD (%MS)	25,89	22,25	16,59	25,37	20,59	23,34	23,82	25,26	22,25	20,66	24,32	22,03	26,93	23,60	28,17	22,50	0,701	
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P					
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd				
AG = 73,3660 – 3,98945Metd									0,81	-----	-----	0,017 (L)	NS	NS				

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 18 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte no período aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	
HOM (µmol/L)	18,03	19,45	17,97	18,50	18,20	17,57	22,05	17,70	20,70	15,90	17,80	22,00	20,27	24,75	17,30	19,15	0,396
ALT (U/L)	10,00	10,67	13,67	10,83	12,33	11,83	13,33	10,33	11,17	12,33	11,50	12,00	11,83	13,33	10,67	15,00	0,315
AST (U/L)	203,83	237,33	261,67	255,17	267,83	263,83	271,83	228,00	222,17	251,83	280,00	300,50	255,67	263,83	235,67	317,67	6,430
TGR (mg/dL)	74,00	65,00	91,00	87,50	102,67	100,50	74,00	111,17	93,50	72,67	73,67	89,33	67,00	100,33	97,33	91,50	2,971
COLT (mg/dL)	135,67	148,67	142,00	173,67	195,50	127,83	191,67	146,17	137,50	206,33	151,33	175,83	153,75	159,83	177,33	234,83	6,232
HDL (mg/dL)	75,83	76,00	69,50	85,67	69,00	60,17	74,00	66,33	72,67	91,00	80,17	76,00	98,00	69,83	59,83	81,33	2,231
LDL (mg/dL)	45,03	59,67	54,30	98,75	105,97	47,57	149,10	57,60	46,13	100,80	56,43	81,97	16,93	69,93	98,03	85,43	6,420
VLDL (mg/dL)	14,80	13,00	18,20	17,50	20,53	20,10	14,80	22,23	18,70	14,53	14,73	17,87	13,40	20,07	19,47	18,30	0,594
AUR (mg/dL)	7,63	5,83	6,67	7,30	6,28	4,53	6,70	4,25	5,63	5,43	5,55	7,20	7,25	5,33	6,28	8,00	0,239
CRE (mg/dL)	0,132	0,169	0,188	0,207	0,150	0,132	0,188	0,169	0,150	0,150	0,169	0,188	0,188	0,150	0,150	0,169	0,005
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd			
HOM = 15,8218 + 5,22258Metd									0,86	-----	-----	0,054 (L)	NS	NS			
AST = 157,939 + 76,5625Metd + 93,8141Cisd									0,73	-----	-----	0,054 (L)	0,017 (L)	NS			
COLT = 79,1832 + 83,8655Metd + 63,1626Cisd									0,81	-----	-----	0,039 (L)	0,074 (L)	NS			
LDL = 32,6340 + 71,4202Cisd									0,90	-----	-----	NS	0,071 (L)	NS			
AUR = 25,4460 - 41,8716Metd + 33,3975Metd ² - 27,5531Cisd + 26,4064Cisd ²									0,75	0,63%	0,52%	0,030 (Q)	0,040 (Q)	NS			
CRE = - 6,10028 + 0,287948Metd + 0,438476Cisd - 0,564533Metd*Cisd									0,87	-----	-----	0,040 (L)	0,011 (L)	0,027			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); homocisteína (HOM); alanina aminotransferase (ALT); aspartato aminotransferase (AST); triglicerídeos (TGR); colesterol total (COLT); lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL); lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL); ácido úrico (AUR); creatinina (CRE); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 19 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e cistina digestível

Metd (%)	0,45				0,57				0,69				0,81				EP	
Cisd (%)	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74	0,35	0,48	0,61	0,74		
Fêmur																		
Peso (g)	1,08	1,17	1,05	1,13	1,14	1,20	1,18	1,17	1,11	1,29	1,21	1,17	1,12	0,99	1,14	1,13	0,017	
DIAM (mm)	2,80	2,99	3,12	2,98	3,00	2,97	2,95	2,91	3,23	2,96	3,04	2,74	2,88	2,75	3,02	2,98	0,034	
COMP (mm)	54,32	53,98	53,93	55,25	53,70	54,05	55,70	54,66	54,45	54,88	51,75	54,48	55,07	53,57	55,64	53,96	0,249	
IS (mg/mm)	19,88	21,60	19,46	20,47	21,30	22,13	21,20	21,36	20,41	23,50	22,09	21,46	20,41	18,48	20,43	21,01	0,289	
DO (mm Eq/Al)	1,59	1,56	1,63	1,60	1,58	1,73	1,78	1,62	1,56	1,45	1,76	1,84	1,68	1,75	1,54	1,55	0,025	
REO (kgf)	44,34	47,88	38,69	46,89	55,93	54,24	56,21	44,20	50,14	43,78	59,75	52,96	47,03	47,81	41,38	47,31	1,150	
Tíbia																		
Peso (g)	0,97	1,07	1,00	1,09	1,06	1,03	0,99	1,02	0,96	1,06	1,00	1,05	1,05	0,95	1,07	1,01	0,014	
DIAM (mm)	3,32	3,30	3,20	3,38	3,20	2,99	3,07	2,93	3,06	3,44	3,41	3,26	3,39	3,15	3,02	3,12	0,037	
COMP (mm)	42,80	44,50	43,21	44,50	41,82	43,37	42,39	43,14	42,95	44,63	44,70	43,66	44,00	43,54	44,49	43,60	0,234	
IS (mg/mm)	22,57	23,97	23,17	21,77	25,35	23,67	23,36	23,58	22,46	23,67	22,45	23,98	23,92	21,83	24,00	23,22	0,279	
DO (mm Eq/Al)	1,74	1,80	1,76	1,90	1,87	1,92	1,93	1,76	1,86	1,86	1,81	2,02	1,83	1,73	1,69	1,87	0,023	
REO (kgf)	71,62	71,47	50,84	59,04	60,45	61,02	67,38	55,93	51,69	63,70	73,24	60,03	58,47	53,39	54,80	63,42	1,909	
CZFT (%MS)	43,21	41,98	43,42	42,80	46,83	48,15	45,82	45,46	44,16	43,79	46,01	46,62	44,57	44,01	44,64	43,40	0,489	
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P					
										Metd	Cisd	Metd	Cisd	Metd*Cisd				
Peso Fêmur = - 0,159193 + 3,99200Metd - 2,93881Metd ²									0,92	0,68%	-----	0,010 (Q)	NS	NS				
IS Fêmur = - 1,98879 + 70,5854Metd - 52,1256Metd ²									0,91	0,68%	-----	0,007 (Q)	NS	NS				
REO Fêmur = - 62,2124 + 336,700Metd - 245,906Metd ²									0,99	0,68%	-----	0,001 (Q)	NS	NS				
DO Tíbia = 0,478680 + 4,18449Metd - 3,10265Metd ²									0,95	0,67%	-----	0,032 (Q)	NS	NS				
REO Tíbia = 140,494 - 114,044Metd - 117,553Cisd + 167,477Metd*Cisd									0,96	-----	-----	0,029 (L)	0,042 (L)	0,044				
CZFT = 7,62840 + 110,983Metd - 80,0194Metd ²									0,88	0,69%	-----	0,008 (Q)	NS	NS				

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); cistina digestível (Cisd); interação entre os níveis de metionina e cistina digestível (Metd*Cisd); diâmetro do osso (DIAM); comprimento do osso (COMP); índice de Seedor (IS); densidade óssea (DO); resistência óssea (REO); cinzas do fêmur e tíbia (CZFT), coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

3.4. Discussão

A principal função da metionina e cistina no organismo é ser substrato para a síntese de proteína corporal (formação da massa muscular), proporcionando aos animais expressar o seu máximo potencial genético para ganho de peso e conversão alimentar (D’Mello, 2003; Pinto et al., 2003; Oliveira Neto, 2014). Os resultados obtidos (Tabela 6), corroboram estas afirmativas, uma vez que o desempenho foi influenciado pelos níveis de Metd e Cisd, no entanto, de maneira independente, uma vez que não foi observada interação entre os fatores.

Semelhante aos efeitos observados neste trabalho, Corrêa et al. (2010), observaram melhora linear na CA com o aumento dos níveis de metionina + cistina (0,73; 0,79; 0,85; 0,91; 0,97 e 1,03%) na fase de sete a 21 dias de idade de codornas de corte. Nesta mesma fase, houve efeito quadrático para peso corporal e ganho de peso, com máximo desempenho em 0,95% de met + cis, valor abaixo do estimado neste trabalho, que foi de 1,26% de met + cis (GP) para a fase inicial (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd).

As exigências de Metd e Cisd estabelecidas neste trabalho na fase inicial para PC, GP, BCA e CR foram maiores do que as estimadas por Rostagno et al. (2011), que foram de 0,51% para Metd e 0,43% para Cisd, para frangos de corte de um a sete dias de idade.

Na fase final de crescimento (15-35 dias de idade), as exigências de Metd estimadas para PC, GP, BCA e CR foram maiores quando comparadas às de Metd (0,43%) e Cisd (0,36%) para frangos de corte de 22 a 33 dias, proposta por Rostagno et al. (2011).

As variáveis de desempenho (CR, PC, GP e BCA), de maneira geral mostraram maior exigência de Metd em relação a Cisd, mas apresentam uma relação próxima de 52,38% para a fase inicial (um a 14 dias) e de 52,07 para a fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade).

As recomendações nutricionais são expressas como met + cis, pelo fato da metionina atender às exigências de cistina na dieta, devido à sua atuação na doação de radicais metil, sendo a precursora da biossíntese da cisteína, que em condições oxidantes liga-se irreversivelmente aos pares por uma ponte dissulfeto formando a cistina (Lehninger e Cox, 2014). Condizente com os resultados obtidos neste trabalho, Bertechini (2003), afirma que a adição de cistina na dieta pode reduzir até a metade das

necessidades nutricionais de metionina. Porém, não seria viável economicamente, já que sua fonte industrial apresenta custo maior do que as fontes de metionina.

A relação Metd:Cisd (52,38%) estimada para a fase inicial deste trabalho, está abaixo da relação de 54,2%, calculada a partir dos dados apresentados por Rostagno et al. (2011) para frangos de corte de um a sete dias de idade e na fase inicial de crescimento (um a 21 dias de idade). A relação estabelecida neste trabalho é semelhante às recomendações preconizadas por Silva (2009a) nas tabelas para codornas japonesas e europeias, que proporcionou uma relação de metionina: cistina de 52,9% (0,55% de Metd e 0,49% de Cisd) para codornas de corte, em fase inicial de crescimento (um a 21 dias de idade).

A relação determinada neste trabalho para a fase final de crescimento de Metd:Cisd (52,07%), está abaixo da relação de 54,8%, calculada a partir dos dados de Rostagno et al. (2011), para frangos de corte nos períodos de 22 a 33 e de 22 a 56 dias de idade. Porém, a relação proposta neste trabalho, está acima da recomendada por Silva (2009a) nas tabelas para codornas japonesas e europeias, que foi de 50% (0,45% de Metd e 0,45% de Cisd) para codornas de corte em fase final de crescimento (22 a 42 dias de idade).

Os teores de PB determinados nas carcaças das aves, aos 14 dias de idade, apresentaram comportamento linear crescente com interação entre a Metd e a Cisd. Juntamente com o aumento quadrático da TDP na carcaça, houve um aumento da ERC, por ser uma variável dependente dos valores energéticos da proteína (5,66 kcal/g) e da gordura (9,37 kcal/g) (Sakomura, 2004). A porcentagem de PB corporal está diretamente relacionada com a porcentagem de AG corporal, devido ao ganho em PB corporal agregar maior quantidade de AG do que o ganho em GD, ocorrendo menor gasto energético para a deposição de tecido magro (Pinto et al., 2003), indicando que o aumento da TDP justificaria a melhoria obtida para o índice de CA das codornas no período de um a 14 dias de idade.

O mesmo aconteceu no período de 15 a 35 dias de idade, onde a AG corporal acompanhou a TDP, ambas apresentaram efeito quadrático para a Cisd. Também observou-se uma maior PB corporal, em que os níveis de 0,59% de Metd e 0,52 de Cisd, proporcionaram um maior valor (57,62% MS). A alimentação com níveis adequados de Metd reduziu a GD das carcaças e a TDG. Conforme o esperado, a TDG acompanhou a quantidade de GD corporal das codornas, ambas apresentando um efeito quadrático. O nível estimado para menor GD e TDG foi de 0,61% de Metd, cujo valor

foi próximo ao nível estimado de 0,63% de Metd para o máximo ganho de peso corporal obtido com codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade.

Com a diminuição da GD, a ERC reduziu linearmente no período de 15 a 35 dias de idade, ocorrendo interação para esta variável entre a Metd e a Cisd. O fornecimento de aminoácidos em quantidades adequadas às aves, que atendam exatamente às exigências nutricionais sem ocorrer sobra ou deficiência dos mesmos na dieta, proporciona um melhor aproveitamento dos mesmos pelos animais, e como não estarão em quantidades excessivas, esses aminoácidos não serão catabolizados para gerar energia no organismo do animal, consequentemente diminuindo os teores da GD, TDG e ERC (Bertechini, 2003; Moreira e Pozza, 2014).

Aves com menor ERC apresentam carcaças mais magras, com maior quantidade de proteína e menor de gordura, sendo esperado que a ERC seja mais influenciada pela TDG, pelo fato da gordura ter um valor energético maior quando comparada com a proteína (Sakomura, 2004).

Semelhante ao aumento do RP aos 35 dias de idade proporcionado pela adição de Metd neste trabalho, Wen et al. (2014) e Ahmed e Abbas (2011) também relataram que o aumento dos níveis de Metd nas dietas proporcionou um aumento no crescimento muscular do peito em frangos de corte. Diferentemente do frango de corte, em que é considerado como cortes nobres da carcaça o peito e a coxa e sobrecoxa, na codorna o peito é o único corte nobre, representando, aproximadamente, 40% da carcaça e constituído, basicamente, por fibras vermelhas (Silva, 2009b).

A exigência nutricional de metionina para o máximo RP (0,65%) foi maior do que para a obtenção do maior peso corporal (0,63%). Resultados semelhantes foram relatados por Ferreira et al. (2014), trabalhando com codornas de corte, cuja exigência de aminoácidos sulfurosos totais (met + cis) e metionina total (considerando a relação de 63,47% de metionina na dieta) para o máximo RP foi de 0,96% e 0,61% e para o máximo ganho de peso foi de 0,93% e 0,59%, respectivamente.

Resultados diferentes para RC e RP e semelhantes para o RS foram obtidos por Corrêa et al. (2010), que não encontraram efeito significativo dos níveis de met + cis da dieta sobre o RC, RP e RS de codornas de corte, aos 42 dias de idade, indicando que nem mesmo o nível mais alto trabalhado no experimento de aminoácidos sulfurosos (1,03% de met + cis) foi suficiente para alterar o comportamento dessas variáveis. Ahmed e Abbas (2011), também não encontraram diferença significativa no RS de frangos de corte com a adição de Metd na dieta.

Quanto ao desenvolvimento dos órgãos ou índice de desenvolvimento morfométrico, pode-se ressaltar o CI, FIG e PIN, que são ótimos indicadores da capacidade digestiva das aves, o que influencia o desempenho zootécnico (Brito et al., 2004).

Resultados diferentes em ambas as fases de crescimento das codornas, para COR e FIG, foram encontrados por Ferreira et al. (2014) e Corrêa et al. (2010), no qual relataram que met + cis não interferiram no tamanho relativo desses órgãos, analisados em codornas de corte aos 35 dias (Ferreira et al., 2014) e 42 dias de idade (Corrêa et al., 2010).

Semelhante a este trabalho, Ferreira et al. (2014) relataram que a met + cis interferiram no tamanho da moela aos 35 dias de idade, que diminuiu com o aumento dos níveis desses aminoácidos sulfurosos na dieta de codornas de corte. Já Corrêa et al. (2010) observaram que não houve efeito significativo dos níveis de met + cis das rações sobre a moela de codornas de corte aos 42 dias de idade.

De acordo com os resultados obtidos por Saki et al. (2011), frangos aos 21 e 42 dias de idade apresentaram aumento do FIG, devido ao aumento da Metd na dieta. Esses autores sugeriram que o aumento do FIG pode ter ocorrido devido à absorção dos aminoácidos da dieta, que aumenta o metabolismo corporal, conseqüentemente a atividade do fígado, aumentando seu peso. Esses resultados foram parecidos aos encontrados neste trabalho, em que houve aumento do FIG em ambas as fases de crescimento, sendo que na fase inicial ocorreu interação entre os níveis de Metd e Cisd, indicando que esses dois nutrientes adicionados às rações agiram de maneiras dependentes sobre esta variável.

Apesar do aumento no tamanho, devido à maior Metd na dieta, somente houve alteração na concentração dos teores de água no fígado, aos 35 dias de idade, que diminuiu linearmente com a maior inclusão de Metd na dieta, podendo ser um indicativo do aumento de gordura e diminuição da proteína no fígado, devido à porcentagem de proteína no tecido estar diretamente relacionada com a porcentagem de água (Pinto et al., 2003). Toohey (2014) afirma que a hiper-homocisteinemia no soro sanguíneo, juntamente com a cistina em excesso, podem predispor ao acúmulo de lipídios no fígado (esteatose hepática), por serem fatores antilipotróficos. Porém, o acúmulo de gordura no fígado não foi verificado no presente trabalho.

A atuação da Metd e Cisd em excesso no organismo como fator antilipotrófico pode ser observada devido ao aumento dos níveis de COLT no soro sanguíneo, aos 14 e

35 dias de idade das codornas de corte, provocado pelo aumento dos níveis de Metd e Cisd nas dietas experimentais. O aumento dos níveis de Cisd nas dietas também ocasionaram mudança na relação LDL/HDL, aumentando a proporção de LDL no organismo, aos 14 e 35 dias de idade, e diminuindo linearmente o HDL aos 14 dias de idade das codornas. A Metd em quantidades adequadas no organismo, atua como um fator lipotrófico (Toohey, 2014).

O HDL é o colesterol bom, já o LDL, é considerado o colesterol ruim, um verdadeiro vilão para a saúde, por seu excesso formar placas nas paredes das artérias, tornando-as mais espessas, dificultando ou até mesmo bloqueando a passagem de sangue para os tecidos e coração, ocasionando uma série de problemas cardiovasculares. Níveis elevados de LDL e TRG estão associados a uma série de doenças em humanos, como por exemplo a doença cardíaca coronariana, acidente vascular cerebral e aterosclerose, que predis põem a ataques cardíacos e acidentes vasculares cerebrais, diabetes, entre outras. A combinação de altos níveis de TGR e LDL e baixos níveis de HDL acelera ainda mais o processo da aterosclerose (Ma, 2004). No presente trabalho, houve uma redução do HDL e aumento do LDL aos 14 dias de idade, assim como um aumento do LDL aos 35 dias de idade, em função do aumento da Cisd nas dietas, indicando predisposição das codornas a problemas metabólicos.

O aumento dos níveis de Metd nas dietas resultou em aumento linear na concentração de HOM e COLT no soro sanguíneo, aos 14 e 35 dias de idade (Tabela 10 e 18). Esse fenômeno pode ser explicado pela participação da HOM no ciclo da metionina, em que a metionina proveniente da dieta pode ser convertida à HOM e à adenosina (Bydlowski et al., 1998; Pillai et al., 2006; Oliveira Neto, 2014). A HOM é um metabólito intermediário que transforma a metionina em cisteína, na via da transulfuração, ou em caso de balanço negativo de metionina, a HOM pode ser reconvertida em metionina, através da via da remetilação (Bydlowski et al., 1998).

O ciclo da metionina é regulado, principalmente, pela S-adenosilmetionina, que em elevadas concentrações ativa a cistationina b-sintetase e inibe o metileno-tetra-hidrofolato redutase, elevando a via da transulfuração e inibindo a remetilação. Desta forma, quando a metionina encontra-se em quantidades elevadas, a HOM é transformada em outros metabólitos na via da transulfuração. Porém, quando a metionina na dieta é limitada, ocorre queda na concentração de S-adenosilmetionina, favorecendo a conversão da HOM em metionina (Selhub, 1999; Prudova et al., 2005; Finkelstein, 2006).

O aumento linear da HOM no soro sanguíneo, aos 14 e 35 dias de idade, ocorreu devido à ingestão de níveis crescentes de Metd, não ocorrendo a transformação da HOM em metionina na via da remetilação. A adição de cistina na dieta, em ambos os períodos, também colaborou para o aumento da HOM, pois com a adição deste aminoácido sulfuroso na dieta, sugere-se que tenha diminuído a quantidade de HOM direcionado para a via da transulfuração, conseqüentemente, aumentando seus níveis no soro sanguíneo. Em condições normais, ocorre na via da transulfuração a conversão irreversível de, em média, 50% da HOM em cistationina, regulada positivamente, pela S-adenosilmetionina, diminuindo o excesso de HOM e metionina (Bydlowski et al., 1998; Selhub, 1999; Brosnan e Brosnan, 2006; Pillai et al., 2006).

A HOM é um metabólito intermediário que em quantidades adequadas, atua no crescimento e manutenção dos tecidos dos animais. Porém, seu excesso (hiper-homocisteinemia) predispõe as aves a síndromes como a ascite, morte súbita (Samuels, 2003) e discondroplasia tibial (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007).

Quando os aminoácidos em excesso na dieta são catabolizados para gerar energia, ocorre a remoção do grupo amino, que é excretado na forma de AUR nas aves (Moreira e Pozza, 2014), aumentando as concentrações do AUR na circulação sanguínea. Menores valores de AUR encontrados no soro sanguíneo das codornas de corte podem indicar que os aminoácidos foram fornecidos na dieta em quantidades adequadas. Afirmação que pode ser observada no presente trabalho, em que os níveis de Metd e Cisd, que estimaram os valores mínimos de AUR no plasma, aos 14 (Tabela 10) e 35 dias de idade (Tabela 18), foram próximos aos níveis de Metd e Cisd, recomendados para o máximo ganho de peso corporal (Tabela 6 e 12).

Rações com quantidades elevadas de aminoácidos sobrecarregam a digestão, absorção e excreção do nitrogênio não aproveitado. Além de ocasionar redução no desempenho dos animais e conseqüentemente, elevação dos custos de produção e uma maior excreção de nitrogênio, elevando os riscos de contaminação ambiental (Bertechini, 2003).

A CRE é um composto nitrogenado não proteico, originada através da formação da creatina, que é um composto de aminoácidos (Murray et al., 2003) que surge após a síntese da glicina e arginina e doação de grupos metil pela S-adenosilmetionina (Lehninger e Cox, 2014). A creatina é produzida no fígado indo para a corrente sanguínea, onde é imediatamente captada pelo músculo, atuando na produção de energia (ATP) para a contração muscular, podendo ser estocada após ser fosforilada pela

enzima creatinina quinase na forma de fosfocreatina, cuja degradação gera a CRE, que é excretada pelos rins (Murray et al., 2003).

Os níveis de CRE plasmática refletem a taxa de filtração renal, sendo que sua alta concentração sugere deficiência na funcionalidade renal, porém pode indicar também a ingestão elevada de proteínas (Tangri et al., 2011), o que pode ser a justificativa para o aumento dos níveis da CRE do soro sanguíneo das codornas de corte aos 14 e 35 dias de idade do presente trabalho, que ocorreu de acordo com a elevação dos níveis de Metd e Cisd das dietas experimentais. As concentrações sanguíneas de CRE são proporcionais à massa muscular do animal, ocorrendo em casos de atrofia muscular e outras doenças relacionadas, diminuição da sua concentração no soro sanguíneo (González e Silva, 2006).

Os valores de CRE encontrados neste trabalho, apesar de terem apresentado diferenças significativas, encontram-se dentro da normalidade, conforme o padrão determinado por Schossler et al. (2013), para um grupo controle de codornas de postura japonesas, no qual foi obtido o valor médio de 0,27 mg/dL de CRE, que variou de 0,10 a 0,50 mg/dL.

O aumento linear da AST no soro sanguíneo, em função dos níveis de Metd e Cisd, aos 14 e 35 dias de idade, sugere a ocorrência de danos musculares. O aspartato aminotransferase (AST) é uma enzima também conhecida como transaminase glutâmico oxalacética (TGO), que catalisa a transaminação reversível de aspartato e α -cetoglutarato em oxalacetato e glutamato, e está presente em vários tecidos, principalmente no fígado, nos eritrócitos, nos músculos esqueléticos e cardíacos (González e Silva, 2006).

Em níveis elevados, a AST também sugere a esteatose hepática (González e Silva, 2006), cujo problema pode ter ocorrido no presente trabalho, devido ao aumento dos níveis de HOM (hiper-homocisteinemia) no soro sanguíneo, aos 14 e 35 dias de idade, em função do aumento dos níveis de Metd nas dietas que, juntamente com a Cisd da dieta, pode ocasionar acúmulo de lipídios no fígado (esteatose hepática), por serem fatores antilipotrófico (Toohey, 2014). A hiper-homocisteinemia em aves também está associada a síndromes como a ascite e a morte súbita (Samuels, 2003), sendo que os elevados níveis de AST no organismo também podem ter ocorrido devido ao aumento de lesões no músculo cardíaco (González e Silva, 2006). No presente trabalho, o excesso de Metd e Cisd proporcionaram uma elevação dos níveis séricos de COLT, aos 14 e 35 dias de idade que, de acordo Zulli et al. (2006), a combinação de concentrações

elevadas de COLT e Metd em excesso nas dietas podem predispor o desenvolvimento de fibrose miocárdica, obtendo-se níveis alterados de AST.

A ALT está presente em maiores quantidades no fígado, sendo mais indicada para avaliar lesão hepática do que a AST (González e Silva, 2006), porém, os níveis de ALT não foram influenciados pelos níveis de Metd e Cisd da dieta (Tabela 10 e 18).

Os níveis de Metd e Cisd estudados, não influenciaram o empenamento das codornas de corte, aos 14 dias de idade. Já aos 35 dias de idade houve interação entre os níveis de Metd e Cisd, mostrando efeito linear crescente para o empenamento das aves, à medida que aumentou a adição desses aminoácidos na dieta. Essa influência ocorreu porque as penas possuem uma alta concentração de aminoácidos sulfurosos na sua estrutura, sendo que é direcionado da dieta das aves aproximadamente 2% de metionina e 25% de cistina para a sua formação (Leeson e Summers, 1997; Pinto et al., 2003; Oliveira Neto, 2014). Semelhante a este trabalho, Pinto et al. (2003) também relataram interferência dos níveis de aminoácidos sulfurosos utilizados na dieta sobre o empenamento das codornas de corte.

O excesso de aminoácidos sulfurosos na dieta (Metd e Cisd) é um fator que colaborou para o aumento da HOM no soro sanguíneo aos 14 e 35 dias de idade das codornas. A HOM em excesso (hiper-homocisteinemia) no organismo (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007), interfere nas ligações cruzadas do colágeno da matriz óssea (Thaler et al., 2011; Coussirat et al., 2012). Isto ocorre em função da inibição da atividade da enzima lisil-oxidase que, em concentrações elevadas, estimula a atividade dos osteoclastos (reabsorção óssea), prejudicando a correta remodelagem óssea (Thaler et al., 2011), predispondo as aves a vários problemas ósseos, como por exemplo discondroplasia tibial, perose, diminuição da mineralização e, conseqüentemente, da REO e osteoporose (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007).

Verificou-se que os níveis de Metd agiram negativamente nas características da qualidade dos ossos na fase inicial de crescimento das codornas (um a 14 dias de idade) (Tabela 11). A Metd pode ter interferido nas ligações cruzadas do colágeno, influenciando na estruturação da matriz óssea (Thaler et al., 2011; Coussirat et al., 2012). No entanto, observou-se efeito diferente na fase final de crescimento (15-35 dias de idade), provavelmente devido à maior renovação óssea ocasionada pela grande quantidade de osteoblastos e maior deposição de minerais nesta fase (Junqueira e Carneiro, 2008).

Por fim, o melhor desempenho das codornas de corte na fase inicial de crescimento, foi obtido para o nível de 0,66% de Metd na ração (GP) e 0,60% de Cisd na ração (GP), que corresponde a uma exigência nutricional de 1,26% de met + cis digestível (0,42% met+cis/Mcal de energia metabolizável), e uma relação metionina: cistina e lisina: metionina + cistina de 52,38% e 78,75%, respectivamente. No entanto, na fase final de crescimento, o melhor desempenho foi atingido com as codornas recebendo 0,63% de Metd na ração (GP) e 0,58% de Cisd na ração (GP), estabelecendo-se uma exigência de 1,21% de met + cis digestível (0,40% de met+cis/ Mcal de energia metabolizável), cuja relação entre metionina: cistina e lisina: met + cis foram de 52,07% e 83,45%, respectivamente. Os níveis de exigências determinados no presente estudo, permitirão a utilização da relação adequada dos aminoácidos nas dietas das codornas, evitando assim os desperdícios de nutrientes, contribuindo para a diminuição dos custos da produção, aumentando a lucratividade do setor.

3.5. Conclusão

As exigências de metionina + cistina digestíveis e a relação entre esses aminoácidos sulfurosos para o máximo ganho de peso de codornas de corte, no período de um a 14 dias de idade, foram de 1,26% (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd na ração) e 52,38%, e no período de 15 a 35 dias de idade, foram de 1,21% (0,63% de Metd + 0,58% de Cisd na ração) e 52,07%, respectivamente.

3.6. Literatura citada

AHMED, M.E. & ABBAS, T.E. (2011) Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics. *Internacional Journal of Poultry Science*, **10**: 147-151.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC (2005) *Official methods of analysis*. 18 ed. Washington, DC, US.

BARRETO, S.L.T.; ARAUJO, M.S.; UMIGI, R.T.; DONZELE, J.L.; ROCHA, T.C.; PINHEIRO, S.R.F.; TEIXEIRA, R.B.; ABREU, F.V.S. & SILVA, R.F. (2006) Exigência nutricional de lisina para codornas europeias machos de 21 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **35**: 750-753.

BERTECHINI, A.G. (2003) *Nutrição de monogástricos*. 1 ed. p.341 (Lavras-MG: FAEPE).

- BRITO, A.B.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; XAVIER, S.A.G.; MURAMATSU, K. & ANDRADE, M.A. (2004) Níveis de metionina + cistina em rações de frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias). *Ars Veterinária*, **20**: 009-015.
- BROSNAN, J.T. & BROSNAN, M.E. (2006) The sulfur-containing amino acids: an overview. *The Journal of Nutrition*. **136**: 1636–1640.
- BYDŁOWSKI, S.P.; MAGNANELLI, A.C & CHOMONE, D.A.F. (1998) Hiperhomocisteinemia e doenças vaso-oclusivas. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **71**: 69-76.
- COOPER, M.A. & WASHBURN, K.W. (1997) The relationships of temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*, **77**: 237-242.
- CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FONTES, D.O.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S. & WENCESLAU, R.R. (2010) Níveis de metionina + cistina para características de desempenho e de carcaça em codornas de corte EV2. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **62**: 940-947.
- COUSSIRAT, C.; BATISTA, C.; SCHNEIDER, R.H.; RESENDE, T.L. & SCHWANKE, C.H.A. (2012) Vitaminas B12, B6, B9 e homocisteína e sua relação com a massa óssea em idosos. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, **15**: 577-585.
- D’MELLO, J.P.F. (2003) Conclusions. In: D’MELLO, J.P.F. (Ed.). *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.143-155. (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B.; SILVA, M.A.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R.; FREITAS, L.S.; SANTOS, G.G.; GODINHO, R.M.; CLIMACO, W.L.S.; DALSECCO, L.S. & CARAMORI JÚNIOR, J.G. (2014) Características de carcaça de codornas de corte EV1 alimentadas com diferentes níveis de metionina + cistina total. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **66**: 1855-1864.
- FINKELSTEIN, J.D. (2006) Inborn errors of sulfur-containing amino acid metabolism. *The Journal of Nutrition*, **136**: 1750-1754.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; OLIVEIRA, R.P. & MURAKAMI, A.E. (2008) Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **51**: 49-56.
- FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I. & FREDRICKSON, D.S. (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, **18**: 499-502.

- GONZÁLEZ, F.H.D. & SILVA, S.C. (2006) Perfil Bioquímico no Exercício. In: *Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária*. 2 ed. p.364 (Porto Alegre: Editora da UFRGS).
- JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. (2008) *Histologia básica*. 11 ed. p.533 (Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan).
- LEACH JR., R.M & MONSONEGO-ORNAN, E. (2007) Tibial dyschondroplasia 40 years later. *Poultry Science*, **86**: 2053-2058.
- LEESON, S. & SUMMERS, J.D. (1997) Feeding programs for broiles. In: *Comercial Poultry Nutrition*. 2 ed. p.350 (Canada: University Books).
- LEHNINGER, D.L. & COX, M.M. (2014) *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6 ed. p.1298 (Porto Alegre: Artmed).
- LEWIS, A.J. (2003) Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D´MELLO, J.P.F. *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.143-155 (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- LOWE, P.C. & MERKLEY, J.W. (1985) Association of genotypes for rate of feathering in broilers with production and carcass composition traits. *Poultry Science*, **65**: 1853-58.
- MA, H. (2004) Cholesterol and Human Health. *Nature and Science*, **2**: 17-21.
- MINDICINO, H.J.; CARLSEN J.; TEWARI P.; AAGAARD O.; ZHANG B. & CONARPE C. (2002) An evaluation of an automated homocysteine method on the Bayer ADVIA Centaur R automated chemiluminescence system. *Clinical Laboratory*, **48**: 493-6.
- MONGIN P. (1981) Recent advances in dietary ânion-cátion balance: applications in poultry. *Proceedings of the Nutrition Society*, **40**: 285-294.
- MOREIRA, I. & POZZA, P.C. (2014) Metabolismo proteico. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.110-126 (Jaboticabal, SP: Funep).
- MÓRI, C.; GARCIA, E.A.; PAVAN, A.C.; PICCININ, A. & PIZZOLANTE, C.C. (2005). Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**: 870-876.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. & RODWELL, V.W. (2003) *Harper's illustrated biochemistry*. 26 ed. p.783 (São Paulo, SP: Atheneu).
- OLIVEIRA NETO, A.R. (2014) Metabolismo e exigência de metionina. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. &

- HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.186-217 (Jaboticabal, SP: Funep).
- OTUTUMI, L.K.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; GARCIA, E.R.M.; TON, A.P.S. & MONTEIRO, A.C. (2009) Efeito do probiótico sobre o desempenho, rendimento de carcaça e exigências nutricionais de proteína bruta de codornas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**: 299-306.
- PILLAI, P.B.; FANATICO, A.C.; BEERS, K.W.; BLAIR, M.E. & EMMERT, J.L. (2006). Homocysteine remethylation in Young broilers fed varying levels of methionine, choline and betaine. *Poultry Science*, **85**: 90-95.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C. & VARGAS JUNIOR, J.G. (2002) Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**: 1761-1770.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A.; SOARES, R.T.R.N. & PEREIRA, C.A. (2003) Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**: 1174-1181.
- PRUDOVA, A.; MARTINOV, M.V.; VITVITSKY, V.M.; ATAULLAKHANOV, F.I. & BANERJEE, R. (2005) Analysis of pathological defects in methionine metabolism using a simple mathematical model. *Biochimica Biophysica Acta*, **1741**: 331-338.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. & EUCLIDES, R.F. (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos*. 3 ed. p.252 (Viçosa – MG).
- SAKI, A.A.; MIRZAAGHATABAR, F.; ZAMANI, P.; ALIARABI, H. & HEMATI MATIN, H.R. (2011) Energy utilization by chickens fed various levels of balanced methionine. *Global Veterinaria*, **7**: 276-282.
- SAKOMURA, N.K. (2004) Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, **6**: 1-11.
- SAKOMURA, N.K. & ROSTAGNO, H.S. (2007) *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 1 ed. p.283 (Jaboticabal-SP).
- SAMUELS, S.E. (2003) Diet, plasma total homocysteine concentrations and mortality rates in broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*. **83**: 601-604.
- SCHERER, C. (2009) *Exigência nutricional de energia metabolizável, lisina digestível e metionina + cistina digestível para codornas de corte em fase de crescimento*. p.118 (Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá – Tese (Doutorado em Zootecnia)).

- SCHOSSLER, J.E.W.; SERAFINI, G.M.C. & LUCAS, S.S. (2013) Valores laboratoriais e aspectos histológicos de codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*). *Revista científica eletrônica de medicina veterinária*, **21**: 1-13.
- SEEDOR, T.; WATANABE, E. & KADOWAKI, W. (1996) Effect of dietary and arginine levels on bone development in broiler chicks. *Animal Science and Technology*, **67**: 7-13.
- SELHUB, J. (1999) Homocysteine metabolism. *Annual Review of Nutrition*, **19**: 217-46.
- SILVA, J.H.V. (2009a) *Tabelas para codornas japonesas e europeias*. 2 ed. p.107 (Jaboticabal-SP: FUNEP).
- SILVA, J.H.V. (2009b) Tópicos especiais na criação de codornas no Brasil. In: SILVA, J.H.V. *Tabelas para codornas japonesas e europeias*. 2 ed. p.107 (Jaboticabal-SP: FUNEP).
- SILVA, R.M.; FURLAN, A.C.; TON, A.P.S.; MARTINS, E.N.; SCHERER, C. & MURAKAMI, A.E. (2009) Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**: 1509-1517.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM-SAS, (2001) Version Release 8.2. for Windows. CD-ROM (Cary).
- TANGRI, N.; STEVENS, L.A.; SCHIMID, C.H.; ZHANG, Y.L.; BECK, G.J.; GREENE, T.; CORESH, T. & LEVEY, A.S. (2011) Changes in dietary protein intake has no effect on serum cystatin C levels independent of the glomerular filtration rate. *Kidney International*, **79**: 471-477.
- TON, A.P.S. (2010) *Exigências de treonina e triptofano digestível para codornas de corte*. p.109 (Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá - Tese (Doutorado em Zootecnia)).
- TOOHEY, J.I. (2014) Sulfur amino acids in diet-induced fatty liver: a new perspective based on recent findings. *Molecules*, **19**: 8334-8349.
- THALER, R.; AGSTEN, M. & SPITZER, S. (2011) Homocysteine suppresses the expression of the collagen cross-linker lysyl oxidase involving IL-6, Fli1, and epigenetic DNA methylation. *Journal of Biological Chemistry*, **286**: 5578-5588.
- WEN, C.; CHEN, X.; CHEN, Y.G.; WU, P.; CHEN, Y.P.; ZHOU, Y.M. & WANG, T. (2014) Methionine improves breast muscle growth and alters myogenic gene expression in broilers. *American Society of Animal Science*, **92**: 1068-1073.

ZULLI, A.; HARE, D.L.; BUXTON, B.F. & BLACK, M.J. (2006) The combination of high dietary methionine plus cholesterol induces myocardial fibrosis in rabbits. *Atherosclerosis*, **185**: 278-281.

IV – Substituição de metionina por colina na dieta de codornas de corte nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível (Metd) por colina (COL) na dieta de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) nos períodos de um a 14 e 15 a 35 dias de idade. Foram utilizadas 2.400 aves, no período de um a 14 dias de idade, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,48; 0,54; 0,60 e 0,66%) e quatro níveis de COL (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 50 codornas por unidade experimental. No período de 15 a 35 dias de idade, foram utilizadas 1.680 aves, não sexadas, criadas em sistema convencional até o início do experimento, distribuídas em um DIC, em arranjo fatorial 4x4, sendo quatro níveis de Metd (0,45; 0,51; 0,57 e 0,63%) e quatro níveis de COL (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 35 codornas por unidade experimental. No período de um a 14 dias de idade, o peso corporal (PC), ganho de peso (GP), biomassa corporal acumulada (BCA) e a conversão alimentar (CA) foram influenciados de forma linear em função dos níveis de Metd (PC, P=0,058) (GP, P=0,050) (BCA, P=0,022) (CA, P=0,019) e COL (PC, P=0,002) (GP, P=0,002) (BCA, P=0,012) (CA, P=0,017) nas rações. No período de 15 a 35 dias de idade, o PC, GP e BCA foram influenciados de maneira linear em função do aumento dos níveis de Metd (PC, P=0,014) (GP, P=0,010) (BCA, P=0,013) e COL (PC, P=0,047) (GP, P=0,034) (BCA, P=0,030) nas rações experimentais, ocorrendo interação entre os níveis de Metd e COL sobre o PC (P=0,053), GP (P=0,039) e BCA (P=0,035). Conclui-se que a exigência de Metd para o máximo desempenho de codornas de corte, no período de um a 14 dias de idade, foi de no mínimo 0,66% de Metd na ração e, no período de 15 a 35 dias de idade, foi de no mínimo 0,63% de Metd na ração. Nos níveis de COL suplementados, não foi possível promover a complementação da exigência de Metd.

Palavras-chave: aminoácidos, cistina, desempenho zootécnico, homocisteína, parâmetros sanguíneos

IV – Substitution of methionine by choline in diets for meat-type quails from 1-14 and 15- 35 days old

ABSTRACT – The objective of this study was to determine the best level of partial substitution of digestible methionine (Metd) by choline (CHO) in diet for meat-type quails (*Coturnix coturnix coturnix*) in periods from 1-14 and 15-35 days old. In the period from 1-14 days old, 2,400 not sexed birds were distributed in a completely randomized design, in a 4x4 factorial arrangement with four Metd levels (0.48, 0.54, 0.60 and 0.66%) and four CHO levels (300, 800, 1300 and 1800 mg/kg), totaling 16 treatments with three replicates and 50 quails per experimental unit. In the period from 15-35 days old, 1,680 not sexed birds were raised in the conventional system until of beginning of the experiment. The animals were distributed in a completely randomized design, in a 4x4 factorial arrangement with four Metd levels (0.45, 0.51, 0.57 and 0.63%) and four CHO levels (300, 800, 1300 and 1800 mg/kg), totaling 16 treatments with three replicates and 35 quails per experimental unit. In the period from 1-14 days old, the body weight (BW), weight gain (WG), accumulated body biomass (ABB) and feed conversion (FC) were linearly influenced in function of the Metd levels (BW, P=0.058), (WG, P=0.050), (ABB, P=0.022), (FC, P=0.019) and CHO (BW, P=0.002), (WG, P=0.002), (ABB, P=0.012), (FC, P=0.017) in the diets. In the period from 15-35 days old the BW, WG and ABB were linearly influenced in function increasing Metd levels (BW, P=0.014), (WG, P=0.010), (ABB, P=0.013) and CHO (BW, P=0.047), (WG, P=0.034), (ABB, P=0.030) in the experimental diets, occurring interaction between the Metd and CHO levels, on BW (P=0.053), WG (P=0.039) and ABB (P=0.035). It is concluded that the requirement of Metd for maximum performance of meat-type quails, in the period from one to 14 days old, was at least 0.66% of Metd/kg diet and, in the period from 15 to 35 days old, was at least 0.63% of Metd/kg diet. In the supplemented levels of CHO, it has not been possible to promote the completion of the Metd requirement.

Keywords: amino acids, blood parameters, cystine, homocysteine, performance

4.1. Introdução

A metionina e a colina possuem uma atuação no organismo em comum, que é a doação de grupamentos metil, sendo que metionina em excesso nas dietas reduz as necessidades de adição de colina. Ambas são consideradas nutrientes essenciais em dietas de aves, interagindo entre si, devido à metionina originar a S-adenosilmetionina, doando radicais metil para a formação de fosfatidilcolina, que hidrolisada forma a colina (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a).

A colina, por sua vez, atua na transformação da homocisteína em dimetilglicina e metionina, através da doação de radicais metil necessários, que ocorre devido a reação da colina com a enzima mitocondrial colina desidrogenase, formando aldeído de betaína, que reage com a enzima citosólica betaína aldeído desidrogenase, resultando na betaína, que doa os grupamentos metil. A betaína por sua vez, não pode ser reconvertida a colina (Combs, 2008; Pour et al., 2014). Dos grupos metil utilizados no organismo, em média 60%, 20% e 10-20% são provenientes da colina, metionina e ácido fólico, respectivamente (Food and Nutrition Board, 1998).

Há necessidade de desenvolvimento de trabalhos que avaliem a relação dos aminoácidos sulfurosos e colina, para averiguar se é possível a substituição de parte da metionina por colina na dieta de codornas de corte, pois como a colina proporciona a formação de metionina, existe a hipótese que a sua adição reduza as necessidades de metionina, o que compensaria economicamente, por diminuir os custos da ração, pelo fato da fonte industrial de colina ser de menor custo, quando comparada com a de metionina (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a).

Tendo em vista a importância e poucas informações sobre o assunto, o objetivo neste trabalho foi determinar o melhor nível de substituição parcial de metionina digestível por colina na dieta de codornas de corte, de um a 14 e 15 a 35 dias de idade, visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre a composição química corporal e do fígado, peso dos órgãos e partes da carcaça, empenamento, rendimento corporal, parâmetros sanguíneos e ósseos dessas aves.

4.2. Material e métodos

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), de acordo com as normas do Comitê de Ética em Experimentação Animal da UEM (Protocolo nº 071/2013).

4.2.1. Instalações, delineamento e dietas experimentais

O experimento foi realizado em duas etapas: fase inicial (um a 14 dias de idade) e final de crescimento (15 a 35 dias de idade) das codornas de corte. Essas aves foram criadas em um sistema convencional, recebendo água e ração *ad libitum*. Foram alojadas em um galpão convencional, dividido em 48 boxes de 2,5 m²/cada.

Na primeira etapa do período experimental (um a 14 dias de idade) foram distribuídas por um delineamento inteiramente casualizado (DIC) 2.400 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) de um dia de idade, não sexadas, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de metionina digestível (0,48; 0,54; 0,60 e 0,66%) e quatro níveis de colina (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), num total de 16 tratamentos com três repetições de 50 aves/cada (48 unidades experimentais).

Na segunda etapa do período experimental (15 a 35 dias de idade) utilizaram 1.680 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*), criadas em sistema convencional até o início do período experimental aos 15 dias de idade. Essas codornas não sexadas foram distribuídas por um DIC, em esquema fatorial 4 x 4, ou seja quatro níveis de metionina digestível (0,45; 0,51; 0,57 e 0,63%) e quatro níveis de cistina digestível (300; 800; 1300 e 1800 mg/kg), totalizando 16 tratamentos com três repetições cada tratamento, sendo que foram alojadas 35 aves/repetição, num total de 48 unidades experimentais.

Em ambas as etapas, as codornas foram alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja, cujos aminogramas foram determinados previamente para a formulação das rações, de forma a serem isocálcicas, isofosfóricas, isoenergéticas e isoproteicas, exceto para metionina digestível e colina. Para calcular os balanços eletrolíticos (BE), foi levado em consideração os níveis de Na, K e Cl das rações experimentais, de acordo com Mongin (1981).

Foram utilizadas para a formulação das rações, as exigências determinadas para codornas de corte em fase de crescimento, de lisina digestível, energia metabolizável e proteína bruta estabelecidas por Ton (2010), Scherer (2009) e Otutumi et al. (2009), respectivamente. Para cálcio e fósforo, foram utilizados os valores propostos por Silva et al. (2009). Foi adicionado DL-metionina e cloreto de colina nas rações para se conseguir o nível desejado de metionina digestível e colina para as codornas na fase inicial (Tabelas 1 e 2) e final de crescimento (Tabela 3 e 4).

Tabela 1 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL)

Níveis de Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66			
Níveis de COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
Ingredientes (%)																
Milho grão	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500
Soja farelo (45%)	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350	49,350
Calcário	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
Fosfato bicálcico	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Sal comum	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
L-lisina (78%)	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290
DL-metionina (99%)	0,139	0,139	0,139	0,139	0,200	0,200	0,200	0,200	0,260	0,260	0,260	0,260	0,321	0,321	0,321	0,321
L-cistina (99,62%)	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262
L-treonina (98%)	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157
Cloreto de Colina (60%)	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250
Ácido glutâmico	1,000	1,000	1,000	1,000	0,934	0,934	0,934	0,934	0,868	0,868	0,868	0,868	0,800	0,800	0,800	0,800
Óleo de soja	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180	5,180
Suplemento min/vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte ³	0,350	0,267	0,183	0,100	0,355	0,272	0,188	0,105	0,361	0,278	0,194	0,111	0,368	0,285	0,201	0,118
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³Caulin.

Tabela 2 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de um a 14 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL)

Níveis de Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66			
Níveis de COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
EM (kcal/kg)	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997	2,997
Proteína bruta (%)	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
Cálcio (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Met + cis digestível (%)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,15	1,15	1,15	1,15	1,21	1,21	1,21	1,21	1,27	1,27	1,27	1,27
Metionina digestível (%)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,54	0,54	0,54	0,54	0,60	0,60	0,60	0,60	0,66	0,66	0,66	0,66
Cistina digestível (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Treonina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Triptofano digestível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Colina (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloro (%)	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322
Potássio (%)	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
BE (mEq/kg)	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34	257,34

Energia metabolizável (EM) e balanço eletrolítico (BE).

Tabela 3 – Composição percentual das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL)

Níveis de Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63			
Níveis de COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
Ingredientes (%)																
Milho grão	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985	52,985
Soja farelo (45%)	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250	38,250
Calcário	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299
Fosfato bicálcico	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590	1,590
Sal comum	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
L-lisina (78%)	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435
DL-metionina (99%)	0,154	0,154	0,154	0,154	0,215	0,215	0,215	0,215	0,275	0,275	0,275	0,275	0,336	0,336	0,336	0,336
L-cistina (99,62%)	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289
L-treonina (98%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Cloreto de colina (60%)	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250	0,000	0,083	0,167	0,250
Ácido glutâmico	1,000	1,000	1,000	1,000	0,934	0,934	0,934	0,934	0,868	0,868	0,868	0,868	0,800	0,800	0,800	0,800
Óleo de soja	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570	3,570
Suplemento min/vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte ³	0,350	0,267	0,183	0,100	0,355	0,272	0,188	0,105	0,361	0,278	0,194	0,111	0,368	0,285	0,201	0,118
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³Caulin.

Tabela 4 – Composição nutricional das rações experimentais para codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade com diferentes níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL)

Níveis de Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63			
Níveis de COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
EM (kcal/kg)	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036	3.036
Proteína bruta (%)	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50
Cálcio (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Met + cis digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,10	1,10	1,10	1,10	1,15	1,15	1,15	1,15	1,21	1,21	1,21	1,21
Metionina digestível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,51	0,51	0,51	0,51	0,57	0,57	0,57	0,57	0,63	0,63	0,63	0,63
Cistina digestível (%)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Treonina digestível (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Triptofano digestível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Colina (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloro (%)	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324
Potássio (%)	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855
BE (mEq/kg)	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35	214,35

Energia metabolizável (EM) e balanço eletrolítico (BE).

O programa de iluminação utilizado para a criação das codornas, foi o de luz contínua (24 horas luz), usando lâmpadas incandescentes quando necessário. A temperatura corporal de conforto das codornas foi mantida por meio do uso de círculos de proteção e campânulas de aquecimento elétricas na fase inicial de crescimento das codornas.

As mensurações de temperatura e umidade foram realizadas com termo-higrômetros em três pontos no galpão. Os valores médios de temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar mínima e máxima foram registrados no período da manhã (8 horas) e à tarde (16 horas) (Tabela 5).

Tabela 5 - Média semanal da temperatura e umidade dentro e fora dos boxes durante o período experimental

Idade (dias)	Período	Dentro do box		Fora do box			
		Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1 a 7	Manhã	28,37	22,41	24,24	19,49	80,04	75,23
	Tarde	30,50	21,90	26,83	18,07	85,22	60,17
8 a 14	Manhã	25,53	20,10	23,44	17,16	87,57	70,24
	Tarde	26,68	21,16	24,30	18,74	87,06	71,78
15 a 21	Manhã	26,49	20,08	23,33	19,09	87,57	78,95
	Tarde	25,11	20,61	22,84	19,89	87,08	79,08
22 a 28	Manhã	26,91	18,42	26,60	17,38	83,94	55,44
	Tarde	28,14	17,79	25,59	16,92	86,27	60,57
29 a 35	Manhã	24,55	17,21	26,67	16,14	81,56	44,83
	Tarde	26,29	17,44	26,73	16,57	83,45	43,77

4.2.2. Desempenho

As codornas e rações foram pesadas semanalmente para a determinação do peso médio (PC), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e biomassa corporal acumulada (BCA) das aves.

4.2.3. Composição e deposição química corporal

A determinação da composição química corporal foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2007), pela qual foram abatidas quatro (dois machos e duas fêmeas) e duas codornas (um macho e uma fêmea) por unidade

experimental, aos 14 e 35 dias de idade, respectivamente. Previamente ao abate, estas aves foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$) de cada repetição e mantidas em jejum (água *ad libitum*) durante cinco horas, período necessário para o esvaziamento do trato gastrointestinal e pesadas novamente.

As aves abatidas foram congeladas inteiras com as penas, vísceras, pés e cabeça, sendo, posteriormente, as amostras moídas, homogeneizadas, pesadas, secas em estufa de ventilação forçada (55°C/72 horas) e moídas para a realização das análises analíticas. Foram determinados a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), gordura (GD) e cinzas (CZ) seguindo os procedimentos descritos pela AOAC (2005).

A metodologia de Fraga et al. (2008), foi utilizada para a mensuração da taxa de deposição de proteína e gordura corporal (g/dia) e energia retida na carcaça (kcal/dia).

A taxa de deposição de proteína corporal (TDP) na fase inicial de crescimento das codornas, foi determinada comparando a quantidade de proteína na carcaça das aves com um dia (30 codornas abatidas) e a de 14 dias de idade. O mesmo foi realizado para a fase final de crescimento, sendo comparada a proteína da carcaça aos 15 dias (10 codornas abatidas) com a de 35 dias de idade. A taxa de deposição de gordura corporal (TDG) foi obtida de modo semelhante à TDP, usando para comparação os valores de gordura corporal. A energia retida na carcaça (ERC), foi calculada usando os valores energéticos (kcal/g) estabelecidos por Sakomura (2004), de proteína e gordura de 5,66 e 9,37 kcal/g, respectivamente.

4.2.4. *Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino*

O peso relativo do coração (CR), fígado (FIG), moela (MO), intestino (PIN) e comprimento relativo de intestino (CI) foram avaliados em duas codornas por repetição (um macho e uma fêmea) aos 14 e 35 dias de idade. As aves foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 5\%$) de cada unidade experimental e posteriormente submetidas a cinco horas de jejum (água *ad libitum*), sendo em seguida novamente pesadas e abatidas.

Foi realizada a exsanguinação, sendo as aves posteriormente escaldadas (submersas em água a uma temperatura de 53-55°C/10 segundos), depenadas e evisceradas. Após as vísceras serem extraídas, foram pesadas em balança de precisão e também mensurado o comprimento do intestino. Através desses dados foram determinados os pesos relativos dos órgãos e o comprimento relativo do intestino em relação ao peso vivo da ave.

4.2.5. *Rendimento de carcaça e cortes*

A carcaça e cortes de duas codornas (um macho e uma fêmea) por repetição, abatidas aos 35 dias de idade para a pesagem dos órgãos, foram extraídos e pesados. O cálculo do rendimento de carcaça (RC), foi realizado por meio do cálculo do peso da carcaça eviscerada em relação ao peso vivo da ave. Já o cálculo do rendimento do peito (RP), dorso (RD), as duas asas juntas (RA) e as duas coxas e sobrecoxas juntas (RS), foram realizados por meio dos pesos de cada corte em relação ao peso da carcaça eviscerada.

4.2.6. *Empenamento das codornas*

A avaliação do empenamento foi realizada aos 14 e 35 dias de idade, em duas codornas por repetição (um macho e uma fêmea), utilizando a metodologia descrita por Cooper e Washburn (1997) e Lowe e Merckey (1985), pela qual foi quantificado o peso das penas através da diferença entre o peso das carcaças antes e após serem depenadas individualmente. Por meio desse peso foi mensurado a porcentagem das penas em relação ao peso da carcaça.

4.2.7. *Parâmetros ósseos*

Para a realização das análises de índice de Seedor (IS), densitometria (DO), resistência óssea (REO) e cinzas (CZFT) foi retirado o fêmur e tibia esquerda de duas codornas (um macho e uma fêmea) que foram abatidas para a avaliação do percentual do empenamento aos 14 e 35 dias de idade.

Os ossos foram congelados e, posteriormente, retirado o tecido muscular, pesados e medidos o comprimento (COMP) e diâmetro (DIAM) com paquímetro digital. O índice de Seedor (Seedor et al., 1996) foi determinado através da equação:

$$\text{Índice de Seedor} = \text{peso dos ossos (mg)} / \text{comprimento (mm)}.$$

Após a realização dessas medidas, os ossos foram desengordurados (24 horas em éter de petróleo), secos em estufa de ventilação forçada (55° C/72 horas) e determinado a densidade óptica radiográfica na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá. Para esta análise, os ossos foram dispostos sob filme (marca Kodak Intraoral E-Speed Film, size 2, tipo periapical), utilizando numeração metálica para identificação e uma escala de alumínio de 10 degraus (um milímetro de espessura entre os degraus). Essas amostras foram radiografadas com raios-x odontológico DabiAtlante[®], modelo

Spectro 70X eletrônico, operando a 70 kVp, 8 mA, utilizando tempo de exposição (0,2 segundos) e distância foco-filme (seis centímetros), previamente determinados para a obtenção de imagens de qualidade. As radiografias foram reveladas (150 segundos, operando com soluções da Kodak RP X-Omat) e as imagens digitalizadas (scanner), para realização da leitura da DO na ferramenta histograma do software Adobe Photoshop CS6.

A leitura foi realizada em três pontos centrais do osso (tamanho fixo de 10 px x 10 px) comparando à espessura da escala de alumínio no terceiro degrau, em uma escala de cores, mais especificamente o cinza, que possui 256 tons, saindo do zero (que representa o preto) até o 256 (branco).

Posteriormente, foi determinada a REO do fêmur e da tíbia através de uma prensa de ensaios de resistência à compressão simples. Os ossos foram apoiados na região das epífises, na posição ântero-posterior e quebrados através de uma força aplicada com sonda na região central do tecido ósseo, com carga de 500 N (Newton) e velocidade de 5 mm/s.

A tíbia e fêmur juntos, após a ruptura para a determinação da REO, foram utilizados para as mensurações de matéria seca (MS) e cinzas (CZ), utilizando os procedimentos descritos por AOAC (2005).

4.2.8. Composição química do fígado

A composição química do fígado foi determinada de acordo com Sakomura e Rostagno (2007). Os fígados foram coletados aos 35 dias de idade, de seis codornas (três machos e três fêmeas) por repetição, sendo destas, duas codornas abatidas para a pesagem dos órgãos. Para analisar a matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e gordura (GD) no fígado, foi utilizado as metodologias propostas por AOAC (2005).

4.2.9. Parâmetros sanguíneos

A concentração sérica de ácido úrico (AUR), colesterol total (COLT), lipoproteínas de alta densidade (HDL), alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), creatinina (CRE) e triglicerídeos (TGR) foram avaliados aos 15 e 35 dias de idade, de oito e quatro codornas de corte por repetição, respectivamente.

Previamente, estas aves foram selecionadas pelo peso médio ($\pm 10\%$) da repetição, mantidas em jejum (água *ad libitum*) (cinco horas), e realizada a colheita de sangue na veia ulnar em tubos de ensaio. O sangue foi centrifugado (3.000 rpm/15 minutos) e o

soro congelado (-10°C) em tubos do tipo *ependorf* até o momento da leitura dos parâmetros sanguíneos no espectrofotômetro (modelo bioplus 2000) utilizando os kits comerciais específicos (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - MG).

A homocisteína (HOM) foi determinada no Laboratório, através do método de quimioluminescência (Mindicino et al., 2002). Para esta análise foi coletado 2 mL de sangue e dispostos em tubos de ensaio tipo vacutainer, sem anticoagulante.

As fórmulas de Friedewald et al. (1972), foram utilizadas para a realização dos cálculos das concentrações de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (LDL).

4.2.10. Análise estatística

Os dados do experimento foram analisados através da regressão polinomial utilizando o programa estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = b_0 + b_1M_i + b_2COL_j + b_3M_{i2} + b_4COL_{j2} + b_5MCO_{lij} + FA + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de metionina digestível e o nível j de colina;

b_0 = constante geral;

b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de metionina digestível;

M_i = nível de metionina digestível para a fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade): $M_1 = 0,48$; $M_2 = 0,54$; $M_3 = 0,60$ e $M_4 = 0,66\%$ e para a fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade): $M_1 = 0,45$; $M_2 = 0,51$; $M_3 = 0,57$ e $M_4 = 0,63\%$;

COL_j = nível de colina: $COL_1 = 300$; $COL_2 = 800$; $COL_3 = 1300$ e $COL_4 = 1800$ mg/kg;

b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de colina;

b_3 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de metionina digestível;

b_4 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de colina;

b_5 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de metionina digestível e nível de colina;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

As análises de regressão foram realizadas nos níveis de metionina digestível e colina, sendo estimado a exigência nutricional através do modelo quadrático, conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2007).

Na fase final de crescimento (15-35 dias de idade), foi considerado com uma covariável experimental para a realização das análises estatísticas, a proporção de sexo (número de machos/números de fêmeas) em cada unidade experimental.

4.3. Resultados

4.3.1. Fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade)

4.3.1.1. Desempenho

Não foi verificada interação entre os níveis de metionina digestível (Metd) e colina (COL) para as variáveis de desempenho de um a 14 dias de idade para codornas de corte (Tabela 6), mas houve efeito linear crescente para o PC, GP e BCA em função dos diferentes níveis de Metd e COL nas rações.

A CA melhorou linearmente em função dos diferentes níveis de Metd e COL.

4.3.1.2. Composição e deposição química corporal

Não houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre a composição química corporal de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade (Tabela 7).

Houve efeito quadrático para quantidade de água (AG) e PB em função do aumento dos níveis de COL, com estimativa de máximo teor de AG (73,90%) e de PB (67,83%MS) obtidos com rações contendo 1303,20 mg de COL/kg de ração e 1062,12 mg de COL/kg de ração, respectivamente.

A TDP e ERC no período de um a 14 dias de idade foram influenciadas de maneira quadrática em função do aumento dos níveis de Metd. Os valores de máxima TDP (0,97 g/dia) e ERC (7,06 kcal/dia) foram obtidos com rações contendo 0,57% e 0,58% de Metd, respectivamente.

A GD e TDG aumentaram linearmente em função dos níveis crescentes de Metd.

4.3.1.3. *Peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino*

Na tabela 8, é possível observar que houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre o FIG, que aumentou linearmente em função do aumento dos níveis de Metd e COL.

Houve efeito quadrático para o PIN em função dos níveis de Metd obtendo-se o valor de máximo PIN (7,91%) no nível de 0,58% de Metd.

O CI aumentou linearmente em função do aumento dos níveis de Metd.

4.3.1.4. *Empenamento das codornas*

Não houve efeito para o empenamento de codornas de corte aos 14 dias de idade em função do aumento dos níveis de Metd e COL (Tabela 9).

4.3.1.5. *Parâmetros sanguíneos*

Não houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre os parâmetros sanguíneos, aos 14 dias de idade (Tabela 10).

Os níveis de CO influenciaram as concentrações de TGR, COLT e VLDL de forma quadrática, em que os valores mínimos TGR (56,20 mg/dL), COLT (92,65 mg/dL) e VLDL (11,24 mg/dL) foram estimados para os níveis de 800,7 mg, 1064,9 mg e 800,7 mg de COL/kg de ração, respectivamente.

A concentração de HOM reduziu conforme aumentou os níveis de COL. Houve aumento linear nas concentrações séricas de CRE em função dos níveis de Metd e COL.

4.3.1.6. *Parâmetros ósseos*

Não houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre os parâmetros ósseos aos 14 dias de idade (Tabela 11).

Houve efeito quadrático para o DIAM da tíbia em função dos níveis de Metd e COL, estimando o valor de 2,11 mm no nível de 0,56% de Metd na ração e 1155,75 mg de COL/kg de ração.

Houve efeito quadrático para a DO da tíbia em função dos níveis de COL e efeito linear negativo em função dos níveis de Metd. De acordo com a equação quadrática, o nível de 1015,92 mg de COL/kg de ração, resultou em maior DO da tíbia, com valor máximo estimado de 1,98 mm Eq/Al.

O aumento dos níveis de Metd influenciou de forma quadrática o DIAM e COMP do fêmur, em que os menores valores estimados para estas variáveis (2,22 mm e 29,95 mm, respectivamente) foram obtidos com 0,58% e 0,57% de Metd, respectivamente.

A REO da tíbia e do fêmur reduziram linearmente em função dos níveis de Metd, mas aumentaram em função dos níveis crescentes de COL.

Houve diminuição no peso e no IS do fêmur com o aumento dos níveis de Metd.

Tabela 6 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
CR (g/ave)	134,17	131,99	135,99	136,17	131,78	131,59	131,81	133,64	136,69	133,49	138,73	133,98	131,53	134,73	131,08	134,42	0,610
PC (g)	78,33	79,57	81,66	83,91	81,17	80,98	82,48	81,82	82,74	81,32	82,52	83,07	80,38	83,10	80,89	84,52	0,345
GP (g)	69,58	70,73	72,90	75,10	72,45	72,22	73,80	72,98	74,06	72,53	73,70	74,26	71,64	74,34	72,24	75,79	0,342
BCA (%)	795,78	800,36	832,27	852,22	831,00	824,78	850,18	825,46	853,12	825,53	835,48	842,57	820,37	848,77	834,76	867,86	4,004
CA	1,93	1,87	1,87	1,81	1,82	1,82	1,78	1,83	1,85	1,84	1,89	1,80	1,84	1,81	1,82	1,77	0,009
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL			
PC = 75,6462 + 7,63663Metd + 0,00171574COL									0,91	-----	-----	0,058 (L)	0,002 (L)	NS			
GP = 66,7635 + 7,92586Metd + 0,00167935COL									0,92	-----	-----	0,050 (L)	0,002 (L)	NS			
BCA = 751,137 + 117,163Metd + 0,0156167COL									0,91	-----	-----	0,022 (L)	0,012 (L)	NS			
CA = 2,01698 - 0,264675Metd - 0,0000317169COL									0,80	-----	-----	0,019 (L)	0,017 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); consumo de ração (CR); peso corporal (PC); ganho de peso (GP); biomassa corporal acumulada (BCA); conversão alimentar (CA); não significativo (NS); coeficiente de determinação (R²); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 7 - Valores médios de composição química corporal aos 14 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de um a 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
CQC																	
AG (%)	73,28	73,82	73,96	73,47	73,04	73,07	73,79	73,27	73,54	73,93	74,18	74,85	72,77	74,02	73,71	73,29	0,108
PB (%MS)	66,92	68,17	67,57	67,13	67,08	67,16	68,15	67,37	67,69	67,21	67,74	66,37	66,19	67,24	68,56	66,54	0,231
GD (%MS)	11,92	12,53	11,66	12,67	13,84	12,70	11,37	12,66	13,38	13,14	13,44	13,96	12,83	13,84	12,19	13,75	0,210
CZ (%MS)	11,60	11,17	11,83	11,38	11,92	11,49	11,77	11,25	10,68	10,97	11,17	10,86	11,56	11,36	11,75	11,17	0,086
TDP (g/dia)	0,91	0,97	0,93	0,96	0,95	0,97	1,00	0,97	0,96	0,97	0,98	0,93	0,93	0,95	0,92	0,98	0,007
TDG (g/dia)	0,14	0,16	0,14	0,16	0,18	0,16	0,14	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,15	0,18	0,14	0,19	0,004
ERC (kcal/dia)	6,49	7,00	6,55	6,93	7,01	7,03	6,94	7,00	6,95	7,04	7,17	7,04	6,66	7,03	6,56	7,31	0,062
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL ¹	Metd	COL	Metd*COL			
AG = 72,6383 + 0,00194291COL - 0,000000745437COL ²									0,97	-----	1303,20	NS	0,040 (Q)	NS			
PB = 65,9919 + 0,00345266COL - 0,00000162537COL ²									0,81	-----	1062,12	NS	0,067 (Q)	NS			
GD = 9,35259 + 6,16779Metd									0,61	-----	-----	0,020 (L)	NS	NS			
TDP = - 0,00827956 + 3,42750Metd - 3,01254Metd ²									0,87	0,57%	-----	0,080 (Q)	NS	NS			
TDG = 0,113297 + 0,0861490Metd									0,59	-----	-----	0,080 (L)	NS	NS			
ERC = - 3,50653 + 36,3316Metd - 31,2210Metd ²									0,99	0,58%	-----	0,047 (Q)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); composição química corporal (CQC); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); cinzas (CZ); taxa de deposição de proteína corporal (TDP); taxa de deposição de gordura (TDG); energia retida na carcaça (ERC); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q). ¹Estimativa da COL está em mg/kg.

Tabela 8 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	EP
PV (g)	81,65	82,10	84,40	83,46	83,27	78,98	77,01	84,14	80,45	86,36	79,31	83,08	80,80	79,35	83,15	85,70	0,700
CR (%)	0,828	0,842	0,857	0,793	0,880	0,812	0,887	0,800	0,795	0,822	0,840	0,883	0,858	0,877	0,842	0,878	0,011
CI (cm)	70,65	67,21	66,10	69,21	67,83	74,19	76,81	70,70	73,65	62,28	75,62	69,23	74,65	75,23	72,96	70,95	0,994
PIN (%)	7,43	6,67	6,92	6,51	7,09	7,59	8,68	8,71	7,54	6,62	8,99	7,29	7,89	7,67	7,08	7,06	0,162
MO (%)	3,29	3,42	3,05	3,19	3,42	3,34	3,42	3,41	3,24	3,17	3,57	3,15	3,34	3,42	3,19	3,41	0,045
FIG (%)	2,92	3,25	3,36	3,25	3,24	3,33	3,59	3,37	3,41	3,14	3,82	3,22	3,68	3,47	3,24	3,32	0,050
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	COL			Metd	COL		Metd*COL
CI = 58,4594 + 22,1415Metd									0,53	-----	-----			0,069 (L)	NS		NS
PIN = - 23,0900 + 106,670Metd - 91,7731Metd ²									0,93	0,58%	-----			0,022 (Q)	NS		NS
FIG = 1,13497 + 3,82483Metd + 0,00148484COL - 0,00255248Metd*COL									0,80	-----	-----			0,007 (L)	0,023 (L)	0,024	

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); peso vivo (PV); peso relativo do coração (CR); comprimento relativo do intestino (CI); peso relativo do intestino (PIN); peso relativo da moela (MO); peso relativo do fígado (FIG); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 9 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	EP
PV (g)	84,03	81,85	84,40	83,46	83,27	78,98	75,06	80,99	80,45	86,36	79,31	83,22	83,73	79,87	83,15	85,70	0,682
EMP (%)	11,10	11,77	12,39	11,27	11,86	11,52	10,97	11,08	11,54	12,26	11,42	12,77	10,99	11,94	11,40	12,82	0,201

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); peso vivo (PV) e empenamento das codornas (EMP).

Tabela 10 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	EP
HOM ($\mu\text{mol/L}$)	24,10	23,27	14,57	16,33	16,37	18,83	16,83	17,13	18,07	18,00	24,30	17,73	22,80	15,97	18,75	13,63	0,829
ALT (U/L)	31,67	27,83	29,67	30,83	31,83	30,67	27,33	27,50	24,33	28,67	29,00	27,67	30,67	31,83	28,33	26,50	0,472
AST (U/L)	246,00	277,50	270,33	252,67	292,50	320,25	271,33	256,00	244,83	243,50	235,50	288,33	265,33	263,50	296,00	266,83	4,015
TGR (mg/dL)	53,67	60,50	50,33	67,67	63,50	58,67	64,33	65,83	62,67	54,50	52,67	70,17	55,50	55,50	66,00	76,67	1,534
COLT (mg/dL)	97,00	95,67	84,67	90,17	95,50	99,17	93,00	104,83	97,83	88,50	94,67	98,83	95,33	95,00	94,17	94,33	1,127
HDL (mg/dL)	69,50	70,00	66,50	69,50	61,00	66,17	71,17	63,00	68,33	69,33	64,33	75,00	69,67	56,00	65,00	65,17	1,611
LDL (mg/dL)	16,77	13,57	8,10	7,13	21,80	21,27	8,97	28,67	16,97	5,30	19,80	9,80	9,83	8,73	15,97	13,83	1,782
VLDL (mg/dL)	10,73	12,10	10,07	13,53	12,70	11,73	12,87	13,17	12,53	10,90	10,53	14,03	11,10	11,10	13,20	15,33	0,307
AUR (mg/dL)	5,58	5,80	5,13	5,88	5,87	5,62	6,98	5,40	5,17	6,32	8,55	5,88	7,47	5,30	5,53	6,48	0,183
CRE (mg/dL)	0,210	0,229	0,190	0,210	0,190	0,190	0,190	0,248	0,210	0,171	0,248	0,229	0,210	0,229	0,248	0,229	0,005
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL ¹	Metd	COL	Metd*COL			
HOM = 21,0405 – 0,00244599COL									0,91	-----	-----	NS	0,053 (L)	NS			
TGR = 64,8510 – 0,0216033COL + 0,0000134900COL ²									0,95	-----	800,7	NS	0,009 (Q)	NS			
COLT = 100,872 – 0,0154414COL + 0,00000724989COL ²									0,99	-----	1064,9	NS	0,073 (Q)	NS			
VLDL = 12,9702 – 0,00432066COL + 0,00000269800COL ²									0,95	-----	800,7	NS	0,009 (Q)	NS			
CRE = 0,132092 + 0,112500Metd + 0,0000173333COL									0,89	-----	-----	0,084 (L)	0,039 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); homocisteína (HOM); alanina aminotransferase (ALT); aspartato aminotransferase (AST); triglicérides (TGR); colesterol total (COLT); lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL); lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL); ácido úrico (AUR); creatinina (CRE); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q). ¹Estimativa da COL está em mg/kg.

Tabela 11 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 14 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,48				0,54				0,60				0,66				EP			
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800				
Fêmur																				
Peso (g)	0,44	0,41	0,44	0,41	0,39	0,39	0,41	0,36	0,26	0,43	0,31	0,38	0,36	0,43	0,30	0,41	0,011			
DIAM (mm)	2,23	2,29	2,33	2,55	2,37	2,17	2,18	2,34	2,19	2,16	2,19	2,29	2,31	2,55	2,39	2,20	0,029			
COMP (mm)	31,62	31,03	31,24	29,91	30,68	30,44	29,99	29,37	29,13	31,03	29,55	29,65	30,31	31,59	29,70	31,25	0,256			
IS (mg/mm)	13,92	14,41	13,97	15,16	13,52	12,65	13,75	12,17	8,58	13,95	11,43	12,83	13,15	13,63	10,44	13,22	0,316			
DO (mm Eq/Al)	1,76	1,80	1,40	1,94	1,19	1,63	1,69	1,70	1,36	1,52	1,95	1,07	1,44	1,78	1,49	1,38	1,033			
REO (kgf)	25,55	30,36	34,31	45,62	34,59	32,48	35,51	36,71	34,45	36,15	29,65	31,91	27,95	32,12	32,76	33,61	0,063			
Tíbia																				
Peso (g)	0,45	0,57	0,40	0,58	0,54	0,63	0,50	0,52	0,44	0,48	0,40	0,46	0,44	0,61	0,57	0,56	0,017			
DIAM (mm)	2,01	2,23	2,19	2,11	2,00	2,09	1,99	2,07	1,89	2,03	2,18	2,06	2,02	2,34	2,25	2,09	0,022			
COMP (mm)	36,53	39,62	37,45	40,34	38,94	40,21	37,25	37,58	37,62	39,07	31,84	39,97	37,04	38,16	39,33	39,58	0,309			
IS (mg/mm)	13,00	14,34	10,47	14,43	13,73	15,68	13,42	13,74	11,52	12,28	12,89	14,26	11,90	16,09	14,43	14,07	0,375			
DO (mm Eq/Al)	1,59	2,23	1,64	2,11	1,53	1,83	1,86	1,79	1,66	1,79	1,49	1,23	1,59	1,98	1,72	1,45	1,135			
REO (kgf)	38,13	37,70	35,09	47,03	36,86	40,67	33,75	35,44	30,21	34,45	32,76	32,48	24,00	41,66	35,58	38,41	0,062			
CZFT (%MS)	43,81	40,78	45,41	44,06	42,68	41,87	42,08	42,36	44,53	44,34	43,04	44,92	40,99	42,00	42,31	42,86	0,374			
Equações de regressão									R ²		Estimativa		Valor de P							
											Metd		COL ¹		Metd*COL					
Peso Fêmur = 0,543899 - 0,284067Metd									0,48		-----		-----		0,055 (L)		NS			
DIAM Fêmur = 8,30571 - 21,1902Metd + 18,4438Metd ²									0,88		0,58%		-----		0,035 (Q)		NS			
COMP Fêmur = 67,3730 - 130,988Metd + 114,618Metd ²									0,98		0,57%		-----		0,080 (Q)		NS			
IS Fêmur = 17,7676 - 8,18652Metd									0,54		-----		-----		0,053 (L)		NS			
REO Fêmur = 42,6574 - 22,7928Metd + 0,00357710COL									0,84		-----		-----		0,077 (L)		0,033 (L)			
DIAMT = 6,84861 - 18,0663Metd + 16,0340Metd ² + 0,000606862COL - 0,000000262541COL ²									0,96		0,56%		1155,75		0,013 (Q)		0,006 (Q)		NS	
DO Tíbia = 2,23729 - 1,41010Metd + 0,000830633COL - 0,000000408809COL ²									0,49		-----		1015,92		0,072 (L)		0,058 (Q)		NS	
REO Tíbia = 52,8941 - 35,5303Metd + 0,00304668COL									0,53		-----		-----		0,032 (L)		0,083 (L)		NS	

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); diâmetro do osso (DIAM); comprimento do osso (COMP); índice de Seedor (IS); densidade óssea (DO); resistência óssea (REO); cinzas do fêmur e tíbia (CZFT), coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q). ¹Estimativa da COL está em mg/kg.

4.3.2. Fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade)

4.3.2.1. Desempenho

Houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre o CR, PC, GP e BCA, em codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade (Tabela 12). Estas variáveis apresentaram aumento linear em função do aumento dos níveis de Metd e COL nas rações.

4.3.2.2. Composição química corporal

Não houve interação entre os níveis de Metd e COL para a composição química corporal, TDP, TDG e ERC, em codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade (Tabela 13).

Houve efeito quadrático para PB em função do aumento dos níveis de Metd, estimando a máxima quantidade de PB (55,40% MS), aos 35 dias de idade, com o nível de 0,52% de Metd nas rações.

A GD aumentou linearmente em função dos níveis de Metd e COL. A TDP e ERC apresentaram efeito linear crescente em função dos níveis de COL.

4.3.2.3. Rendimento de carcaça e cortes

Houve interação entre os níveis de Metd e COL para o RD nas codornas de corte aos 35 dias de idade (Tabela 14). O RD apresentou aumento diretamente relacionado com os níveis de Metd e COL nas rações experimentais.

O RP aumentou em função do aumento dos níveis de Metd.

4.3.2.4. Peso relativo dos órgãos e comprimento relativo do intestino

Não houve interação entre os níveis de Metd e COL sobre o peso relativo de órgãos e CI em codornas de corte aos 35 dias de idade (Tabela 15).

Os níveis de Metd influenciaram o MO de forma quadrática, em que o valor máximo (2,09%) foi estimado para o nível de 0,57% de Metd.

O CI aumentou linearmente, porém, o CR reduziu em função do aumento dos níveis de COL.

4.3.2.5. *Empenamento das codornas*

Não houve efeito para o empenamento das codornas, em função dos diferentes níveis de Metd e COL nas rações experimentais (Tabela 16).

4.3.2.6. *Composição química do fígado*

Não foi observado interação para Metd e COL sobre as variáveis de composição química do fígado aos 35 dias de idade (Tabela 17).

A água (AG), PB e GD do fígado foram influenciados de forma quadrática em função dos níveis de COL nas rações experimentais, em que os valores máximos (AG (68,23%), PB (65,94%MS) e mínimo (GD (26,44%MS) foram estimados para os níveis de 1158,5 mg, 1093,8 mg e 1054,4 mg de COL/kg de ração, respectivamente.

4.3.2.7. *Parâmetros sanguíneos*

Não foi observado interação entre Metd e COL sobre as variáveis de parâmetros sanguíneos, aos 35 dias de idade (Tabela 18).

Houve efeito quadrático para a LDL em função dos níveis de Metd, e redução linear em função dos níveis de COL, onde o nível de 0,54% de Metd resultou em menor LDL (34,54 mg/dL) no soro.

Houve aumento linear dos níveis séricos de CRE e redução para a AST e ALT, em função do aumento dos níveis de Metd.

Para a HOM e COLT, houve redução linear devido ao aumento da COL nas rações.

4.3.2.8. *Parâmetros ósseos*

Foi observado interação entre os níveis de Metd e COL sobre o IS do fêmur (Tabela 19). A variável apresentou efeito quadrático em função dos níveis de Metd e aumento linear em função dos níveis de COL para codornas de corte, de 15 a 35 dias de idade. De acordo com a equação quadrática, o nível de 0,48% de Metd resultou em menor IS do fêmur (38,45 mg/mm).

O IS da tíbia foi influenciado de forma quadrática em função dos níveis de Metd e COL nas rações. A estimativa de mínimo IS da tíbia (17,44 mg/mm) foi obtida com rações contendo 0,54% de Metd e 995,28 mg de COL/kg de ração.

Houve efeito quadrático para as variáveis peso e DIAM do fêmur, peso e DIAM da tíbia em função dos níveis de Metd, com menor valor estimado de 0,99 g, 3,10 mm,

0,99 g e 2,93 mm em rações contendo 0,53%, 0,55%, 0,53% e 0,54% de Metd, respectivamente.

Para o COMP do fêmur, houve redução linear em função dos níveis de Metd e aumento em função dos níveis de COL. Houve aumento linear para a DO do fêmur, em função dos níveis de Metd, e para a REO do fêmur, em função dos níveis de COL.

Tabela 12 - Valores médios de desempenho de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
CR (g/ave)	496,31	504,09	517,33	511,76	506,88	516,50	506,22	522,48	515,45	509,92	503,53	516,24	526,34	509,95	523,47	508,82	1,856
PC (g)	225,05	228,09	226,65	228,40	226,13	229,37	228,04	227,97	225,09	230,48	228,35	230,26	232,68	230,64	228,00	227,62	0,456
GP (g)	145,84	148,14	147,86	148,42	146,71	149,04	148,55	148,99	145,96	150,76	148,92	150,62	153,35	150,08	148,63	147,91	0,417
BCA (%)	184,14	185,29	187,64	185,57	184,72	185,52	186,86	188,65	184,43	189,14	187,48	189,12	193,29	186,30	187,25	185,54	0,500
CA	3,40	3,40	3,50	3,45	3,45	3,47	3,41	3,51	3,53	3,38	3,38	3,43	3,43	3,40	3,52	3,44	0,011
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL			
CR = 427,284 + 151,849Metd + 0,0584379COL - 0,102779Metd*COL									0,96	-----	-----	0,011 (L)	0,022 (L)	0,026			
PC = 208,481 + 35,6233Metd + 0,0118418COL - 0,0209629Metd*COL									0,76	-----	-----	0,014 (L)	0,047 (L)	0,053			
GP = 129,653 + 34,1873Metd + 0,0117678COL - 0,0207895Metd*COL									0,88	-----	-----	0,010 (L)	0,034 (L)	0,039			
BCA = 164,626 + 39,6882Metd + 0,0146774COL - 0,0258222Metd*COL									0,99	-----	-----	0,013 (L)	0,030 (L)	0,035			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); consumo de ração (CR); peso corporal (PC); ganho de peso (GP); biomassa corporal acumulada (BCA); conversão alimentar (CA); não significativo (NS); coeficiente de determinação (R²); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 13 - Valores médios de composição química corporal aos 35 dias de idade, deposição química corporal e energia retida na carcaça de codornas de corte no período de 15 a 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
CQC																	
AG (%)	64,75	65,53	63,78	64,96	65,93	64,60	64,94	63,90	64,67	64,81	65,28	65,75	63,77	65,01	64,36	64,20	0,160
PB (%MS)	55,01	54,99	53,41	54,88	57,36	54,44	55,94	54,53	54,91	55,06	54,51	55,32	53,64	55,25	52,95	53,28	0,303
GD (%MS)	29,26	28,61	30,87	28,03	26,25	30,66	29,30	31,56	29,14	29,65	30,51	29,50	30,89	29,07	31,04	33,84	0,336
CZ (%MS)	9,25	9,48	9,73	9,64	9,50	8,94	9,50	8,74	9,24	8,87	9,77	9,95	9,84	8,96	9,42	8,34	0,093
TDP (g/dia)	1,38	1,45	1,41	1,40	1,34	1,36	1,40	1,50	1,47	1,40	1,35	1,43	1,35	1,32	1,38	1,56	0,013
TDG (g/dia)	0,90	1,29	1,08	0,93	0,79	1,09	0,96	1,15	1,15	0,99	1,01	0,97	1,08	0,92	1,08	1,37	0,022
ERC (kcal/dia)	16,20	20,27	18,14	16,63	15,00	17,95	16,88	19,28	19,10	17,23	17,08	17,13	17,76	16,10	17,88	21,66	0,264
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL			
PB = 14,2378 + 156,847Metd – 149,386Metd ²									0,90	0,52%	-----	0,049 (Q)	NS	NS			
GD = 23,6459 + 9,15569Metd + 0,00131561COL									0,65	-----	-----	0,048 (L)	0,034 (L)	NS			
TDP = 1,34423 + 0,0000544624COL									0,55	-----	-----	NS	0,022 (L)	NS			
ERC = 16,6895 + 0,000965370COL									0,74	-----	-----	NS	0,047 (L)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); composição química corporal (CQC); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); cinzas (CZ); taxa de deposição de proteína corporal (TDP); taxa de deposição de gordura (TDG); energia retida na carcaça (ERC); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 14 - Valores médios de rendimento de carcaça de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
PV (g)	237,89	230,28	236,65	232,81	240,35	245,02	241,26	248,86	234,68	241,01	241,76	247,34	238,92	246,84	245,28	238,47	1,370
RC (%)	64,14	64,41	63,55	63,25	62,28	65,11	63,19	62,46	62,39	61,14	63,49	62,01	63,83	60,74	62,77	64,54	0,302
RA (%)	7,80	7,96	8,26	7,83	8,19	7,28	8,31	7,80	8,44	8,11	8,22	7,83	7,28	8,01	8,06	7,91	0,075
RS (%)	24,59	24,64	24,29	24,71	24,82	24,19	24,20	24,76	24,75	24,17	25,30	24,03	24,30	24,59	24,15	24,72	0,100
RD (%)	21,75	23,69	21,80	22,66	21,35	22,90	23,24	22,39	22,01	22,33	21,49	21,82	24,08	22,92	20,36	21,18	0,243
RP (%)	45,11	44,05	45,66	44,49	45,64	46,03	44,25	44,43	44,14	45,40	44,92	46,32	44,97	44,47	47,44	45,88	0,214
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL			
RD = 16,3175 + 11,8008Metd + 0,00700022COL – 0,0137407Metd*COL									0,74	-----	-----	0,064 (L)	0,024 (L)	0,018			
RP = 42,7841 + 4,47166Metd									0,97	-----	-----	0,078 (L)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); peso vivo (PV); rendimento de carcaça (RC); rendimento de asas (RA); rendimento de coxas e sobrecoxas (RS); rendimento de dorso (RD); rendimento de peito (RP), coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 15 - Valores médios de peso relativo de órgãos e comprimento relativo de intestino de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
PV (g)	237,89	230,28	236,65	232,81	240,35	245,02	241,26	248,86	234,68	241,01	241,76	247,34	238,92	246,84	245,28	238,47	1,422
CR (%)	0,938	0,893	0,935	0,888	0,905	0,913	0,840	0,847	0,983	0,987	0,867	0,905	0,887	0,853	0,842	0,853	0,011
CI (cm)	29,35	30,84	28,47	29,68	29,30	29,90	30,79	30,40	29,79	28,78	29,85	32,34	30,11	30,91	30,34	31,71	0,353
PIN (%)	4,11	4,24	3,84	4,60	4,67	4,41	4,50	4,47	4,41	4,14	4,31	4,42	4,63	4,89	4,41	4,26	0,078
MO (%)	1,96	2,06	2,06	1,88	2,14	1,95	2,05	1,96	2,07	2,12	2,11	2,23	2,05	2,02	1,97	1,95	0,028
FIG (%)	2,85	2,52	2,30	2,62	2,49	3,11	2,47	2,70	2,51	2,61	2,76	2,84	2,62	2,92	2,76	2,55	0,057
Equações de regressão									R ²	Estimativa				Valor de P			
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL			
CR = 0,938835 – 0,0000390740COL									0,79	-----	-----	NS	0,027 (L)	NS			
CI = 29,2818 + 0,000866972COL									0,54	-----	-----	NS	0,080 (L)	NS			
MO = - 1,11323 + 11,7621Metd – 10,7912Metd ²									0,48	0,57%	-----	0,080 (Q)	NS	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); peso vivo (PV); peso relativo do coração (CR); comprimento relativo do intestino (CI); peso relativo do intestino (PIN); peso relativo da moela (MO); peso relativo do fígado (FIG); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 16 - Valores médios de empenamento de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina e colina digestível

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
PV (g)	237,89	230,28	233,15	232,81	237,16	239,99	244,35	244,42	234,68	241,01	241,76	247,34	238,92	246,84	245,28	238,47	1,427
EMP (%)	6,20	6,61	8,21	6,23	4,96	5,40	6,71	7,31	7,74	7,21	6,71	6,93	7,47	6,36	8,04	6,57	0,217

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); peso vivo (PV) e empenamento das codornas (EMP).

Tabela 17 - Valores médios de composição química do fígado (QCF) de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP	
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800		
CQF																		
AG (%)	65,26	67,41	69,86	66,53	67,34	68,54	65,28	66,80	66,25	68,49	69,58	67,12	66,01	67,04	68,02	67,96	0,333	
PB (%MS)	58,97	64,74	68,99	63,10	63,93	67,07	61,09	60,56	62,14	66,31	66,18	61,33	63,67	64,99	65,16	67,67	0,690	
GD (%MS)	32,99	25,10	23,08	29,53	27,38	24,75	31,02	30,55	28,88	27,18	26,61	32,11	29,23	27,55	28,82	24,34	0,826	
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P					
										Metd	COL ¹	Metd	COL	Metd*COL				
AG = 64,5577 + 0,00634013COL – 0,00000273629COL ²									0,99	-----	1158,5	NS	0,019 (Q)	NS				
PB = 59,0162 + 0,0126606COL – 0,00000578733COL ²									0,97	-----	1093,8	NS	0,018 (Q)	NS				
GD = 32,2461 – 0,0110205COL + 0,00000522587COL ²									0,89	-----	1054,4	NS	0,059 (Q)	NS				

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); água (AG); proteína bruta (PB); gordura (GD); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q). ¹Estimativa da COL está em mg/kg.

Tabela 18 - Valores médios de parâmetros sanguíneos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP	
	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800		
HOM (µmol/L)	22,23	19,40	23,07	20,07	22,27	23,03	22,03	21,63	23,87	18,97	20,13	18,03	23,40	19,80	22,67	19,17	0,556	
ALT (U/L)	40,00	30,67	34,33	36,67	32,83	40,17	37,50	34,33	30,50	33,50	28,33	36,33	35,67	34,67	33,50	28,50	0,850	
AST (U/L)	255,33	312,83	264,50	329,33	242,67	287,83	287,17	261,50	273,83	259,17	284,67	226,83	267,67	249,50	258,50	264,50	4,688	
TGR (mg/dL)	121,50	184,00	504,00	484,00	629,83	96,00	300,00	224,50	155,00	275,67	344,33	320,67	152,17	678,00	574,67	563,33	22,830	
COLT (mg/dL)	188,33	196,83	148,00	154,17	192,17	157,17	144,67	160,00	160,50	189,33	147,00	163,00	194,00	137,83	186,67	166,83	4,747	
HDL (mg/dL)	106,50	86,00	87,33	100,00	96,83	110,83	124,00	107,33	84,67	106,67	101,33	93,67	94,83	97,17	73,50	126,50	4,354	
LDL (mg/dL)	36,95	74,03	30,10	18,10	20,65	27,13	16,30	7,77	44,83	27,53	21,40	5,20	68,73	18,40	41,85	27,40	5,605	
VLDL (mg/dL)	24,30	36,80	100,80	96,80	125,97	19,20	60,00	44,90	31,00	55,13	68,87	64,13	30,43	135,60	114,93	112,67	4,566	
AUR (mg/dL)	7,50	5,57	5,98	7,08	7,68	6,48	7,07	7,40	7,50	6,02	7,25	7,08	5,45	6,80	7,17	6,45	0,205	
CRE (mg/dL)	0,256	0,174	0,214	0,214	0,233	0,280	0,254	0,229	0,213	0,210	0,229	0,254	0,342	0,229	0,259	0,209	0,009	
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P					
										Metd	COL	Metd	COL	Metd*COL				
HOM = 22,9102 – 0,00159500COL									0,16	-----	-----	NS	0,047 (L)	NS				
ALT = 44,1562 – 18,4028Metd									0,66	-----	-----	0,072 (L)	NS	NS				
AST = 360,402 – 166,736Metd									0,39	-----	-----	0,018 (L)	NS	NS				
COLT = 185,117 – 0,0163917COL									0,98	-----	-----	NS	0,027 (L)	NS				
LDL = 937,917 – 3334,39Metd + 3098,04Metd ² – 0,0206444COL									0,94	0,54%	-----	0,033 (Q)	0,027 (L)	NS				
CRE = 0,131027 + 0,198132Metd									0,42	-----	-----	0,057 (L)	NS	NS				

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); homocisteína (HOM); alanina aminotransferase (ALT); aspartato aminotransferase (AST); triglicerídeos (TGR); colesterol total (COLT); lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL); lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL); ácido úrico (AUR); creatinina (CRE); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 19 - Valores médios de parâmetros ósseos de codornas de corte aos 35 dias de idade em função dos níveis de metionina digestível e colina

Metd (%)	0,45				0,51				0,57				0,63				EP
COL (mg/kg)	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	300	800	1300	1800	
Fêmur																	
Peso (g)	0,93	0,87	0,89	0,95	0,74	0,69	0,90	0,90	0,77	0,69	0,72	0,77	0,75	0,72	0,90	0,72	0,022
DIAM (mm)	3,28	3,30	3,26	3,26	3,05	3,01	3,12	3,05	3,17	3,31	2,92	3,33	3,21	3,22	3,15	3,18	0,034
COMP (mm)	45,41	42,33	42,60	44,67	40,52	42,17	44,06	42,93	43,75	41,44	41,08	42,01	38,81	39,34	44,21	41,83	0,380
IS (mg/mm)	20,43	20,53	20,79	21,17	17,71	18,26	20,30	20,88	19,83	20,99	17,44	19,64	23,19	20,98	20,27	19,07	0,284
DO (mm Eq/Al)	1,88	1,63	1,65	1,75	1,76	1,79	1,89	1,83	1,83	1,88	1,72	1,69	1,79	1,93	1,84	1,94	1,316
REO (kgf)	46,75	44,34	57,56	58,19	58,40	48,02	44,20	53,11	46,75	47,59	44,63	62,85	38,41	59,89	50,99	53,81	0,019
Tíbia																	
Peso (g)	1,11	1,03	1,06	1,03	0,95	0,96	1,20	1,04	1,05	1,01	0,85	0,98	1,16	1,11	1,03	1,26	0,026
DIAM (mm)	3,14	3,03	3,28	2,82	2,78	3,07	3,07	3,09	2,99	2,91	2,80	2,89	3,20	2,91	3,34	2,90	0,044
COMP (mm)	56,06	54,34	54,05	54,31	52,04	54,16	56,25	54,46	56,02	58,26	52,36	54,00	53,73	53,97	54,58	53,41	0,347
IS (mg/mm)	19,71	18,90	19,52	18,91	18,29	17,70	21,40	19,15	18,73	17,34	16,13	18,12	21,57	17,45	18,85	23,24	0,339
DO (mm Eq/Al)	2,14	2,01	2,05	2,12	1,99	2,06	2,23	2,21	2,01	1,99	2,02	1,95	2,08	2,18	2,15	2,20	2,380
REO (kgf)	51,83	58,33	58,05	65,68	70,34	56,64	84,62	55,93	55,22	69,64	52,26	81,79	66,67	70,20	64,27	60,31	0,022
CZFT (%MS)	48,25	46,22	48,43	47,70	48,90	48,87	46,99	49,96	45,05	48,34	48,53	48,56	46,63	50,33	47,98	46,68	0,342
Equações de regressão									R ²	Estimativa			Valor de P				
										Metd	COL ¹	Metd	COL	Metd*COL			
Peso Fêmur = 4,32689 – 12,5901Metd + 11,8892Metd ²									0,98	0,53%	-----	0,043 (Q)	NS	NS			
DIAM Fêmur = 7,84382 – 17,3392Metd + 15,8568Metd ²									0,90	0,55%	-----	0,055 (Q)	NS	NS			
COMP Fêmur = 49,2784 – 14,7731Metd + 0,000934302COL									0,76	-----	-----	0,004 (L)	0,078 (L)	NS			
IS Fêmur = 65,9447 – 194,487Metd + 200,899Metd ² + 0,0108734COL – 0,0206797Metd*COL									0,96	0,48%	-----	0,005 (Q)	0,003 (L)	0,002			
DO Fêmur = 1,44805 + 0,652107Metd									0,56	-----	-----	0,013 (L)	NS	NS			
REO Fêmur = 44,4546 + 0,00585221COL									0,74	-----	-----	NS	0,010 (L)	NS			
Peso Tíbia = 4,32689 – 12,5901Metd + 11,8892Metd ²									0,75	0,53%	-----	0,041 (Q)	NS	NS			
DIAM Tíbia = 8,14995 – 19,2530Metd + 17,7665Metd ²									0,88	0,54%	-----	0,065 (Q)	NS	NS			
IS Tíbia = 71,7246 – 193,677Metd + 180,608Metd ² – 0,00474978COL + 0,00000238615COL ²									0,68	0,54%	995,28	0,024 (Q)	0,034 (Q)	NS			

Erro padrão (EP); metionina digestível (Metd); colina (COL); interação entre os níveis de metionina digestível e colina (Metd*COL); diâmetro do osso (DIAM); comprimento do osso (COMP); índice de Seedor (IS); densidade óssea (DO); resistência óssea (REO); cinzas do fêmur e tíbia (CZFT); coeficiente de determinação (R²); não significativo (NS); efeito linear (L) e quadrático (Q). ¹Estimativa da COL está em mg/kg.

4.4. Discussão

O desempenho de codornas de corte em fase inicial de crescimento (um a 14 dias de idade) não foi influenciado pelos níveis de Metd e COL de modo que não foi possível estimar um nível ótimo destes nutrientes em função dos efeitos lineares obtidos, o que sugere uma futura avaliação dos níveis de Metd e COL acima dos utilizados neste trabalho. A Metd e a COL, independentemente, promoveram melhoria linear no PC, GP, BCA e CA neste período, determinando-se a exigência de Metd, de no mínimo 0,66% de Metd na ração, condizente com o valor previamente estimado no primeiro experimento deste trabalho, onde a relação entre metionina: cistina digestíveis determinada foi de 52,38% (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd na ração).

Trabalhando com frangos de corte de um a sete dias de idade, Rostagno et al. (2011) estimaram a exigência de 375 mg de COL/kg de ração e 0,51% de Metd na ração, e de oito a 21 dias de idade a exigência foi de 330 mg de COL/kg de ração e 0,46% de Metd na ração. Silva (2009a), nas tabelas para codornas japonesas e europeias, propuseram para codornas de corte, em fase inicial de crescimento (um a 21 dias de idade), a exigência nutricional de 0,55% de Metd na ração, e na fase de crescimento, a exigência de 1300 mg de COL/kg de ração. O valor de Metd é inferior ao valor mínimo sugerido neste trabalho para a mesma fase de crescimento.

Na fase final de crescimento (15 a 35 dias de idade), foi verificada interação significativa entre os níveis de Metd e COL para as variáveis de desempenho, indicando a dependência dos níveis em relação às respostas obtidas no desempenho. O aumento dos níveis de Metd e COL nas dietas, interagindo entre si, ocasionaram melhorias no PC, GP e BCA, ocorrendo também um maior consumo de ração, determinando-se a exigência de Metd, de no mínimo 0,63% de Metd na ração, condizente com o valor de exigência deste aminoácido previamente estabelecido no primeiro experimento deste trabalho (0,63% de Metd + 0,58% de Cisd na ração e relação metionina: cistina de 52,07%).

Trabalhando com frangos de corte, Rostagno et al. (2011) estabeleceram, de oito a 21 dias de idade, a exigência de 330 mg de COL/kg de ração e 0,46% de Metd na ração; e de 22 a 33 dias de idade, a exigência de 300 mg de COL/kg de ração e 0,43% de Metd na ração. Silva (2009a), nas tabelas para codornas japonesas e europeias, estabeleceram, para codornas de corte em fase final de crescimento (22 a 42 dias de idade), a exigência de 0,45% de Metd na ração e o valor de 1300 mg de COL/kg de ração. Os valores da

exigência de Metd determinados em ambos os trabalhos acima são menores do que as exigências mínimas sugeridas neste trabalho, para idade equivalente.

A maioria das espécies animais consegue sintetizar a colina, com exceção das aves em fase de crescimento, que sintetizam a partir da 8^a-13^a semana de idade, sendo necessária a sua adição nas dietas (Rutz et al., 2014a). Em dietas deficientes em doadores de grupos metil ou metionina, a sua síntese pode não ser suficiente, sendo também necessária a sua suplementação, principalmente quando os animais estão em fase de crescimento. A síntese de colina pode ocorrer a partir da serina, na presença de metionina, folacina e vitamina B₁₂ (Case et al., 1997).

Tanto a colina como a metionina atuam como doadoras de grupos metil. A interação ocorre pelo fato da metionina doar radicais metil através da S-adenosilmetionina, para a formação de fosfatidilcolina que, caso for hidrolisada, forma a colina. Essa “quase vitamina” é precursora da betaína, que é responsável pela doação de radicais metil para a transformação da homocisteína em metionina (via da remetilação). Essa particularidade faz com que as dietas com excesso de metionina reduzam as necessidades de adição de colina. O contrário é uma hipótese a ser testada, de grande interesse pelos nutricionistas, já que reduziria os custos de produção das aves (Case et al., 1997; Combs, 2008; Rutz et al., 2014a). Nesse trabalho, testou-se essa hipótese, sugerindo-se que nos níveis de COL suplementados, em ambas as fases de crescimento das codornas, não foi possível promover a complementação da exigência de Metd e nem a adição de Metd, o que causou efeito poupador na COL.

A porcentagem de PB corporal está relacionada com a porcentagem de AG corporal, pelo fato do ganho em PB corporal incorporar mais água do que o ganho em GD, o que justifica o menor gasto energético para a deposição de tecido magro (Pinto et al., 2003), melhorando a CA dos animais, efeito esse que pode ser observado neste trabalho na fase inicial de crescimento das codornas.

A GD e TDG corporal acompanhou o PC e GP no período de um a 14 dias de idade, aumentando linearmente em função dos níveis de Metd. A TDP na carcaça aumentou juntamente com a ERC, por esta ser dependente dos valores energéticos da proteína (5,66 kcal/g) e da gordura (9,37 kcal/g) (Sakomura, 2004).

Aos 35 dias de idade, a PB corporal, diferentemente do PC e GP, apresentou um efeito quadrático, sendo possível estimar a máxima quantidade de 55,40% na MS com o nível de 0,52% de Metd nas rações. Já a GD corporal apresentou um efeito linear crescente com o aumento da adição de Metd e COL nas rações, indicando que as aves

apresentaram um maior peso corporal com quantidades mais elevadas de Metd nas rações, porém, a composição química passou a ter maior percentual de GD corporal e diminuição na PB a partir do nível de 0,52% de Metd. A TDP e ERC aumentaram linearmente com o aumento dos níveis de COL na dieta. Esse aumento na ERC deve-se ao aumento na TDP e GD corporal, indicando que apesar de não ter sido significativa a TDG, houve um aumento nos seus valores com o aumento dos níveis de COL.

Os níveis de Metd influenciaram positivamente o RP das codornas, aumentando linearmente o seu rendimento aos 35 dias de idade. Resultados semelhantes a esse trabalho foram relatados por Wen et al. (2014) e Ahmed e Abbas (2011), trabalhando com frangos de corte, em que obtiveram aumento do crescimento muscular do peito devido ao aumento de Metd nas dietas. Diferentemente do frango de corte, na codorna o peito é o único corte nobre, ocupando em média 40% da carcaça, composto por fibras vermelhas (Silva, 2009b).

A exigência nutricional de Metd (relação metionina: cistina de 52,1%) no presente trabalho, para o máximo RP (0,65%), foi maior do que para a obtenção do maior peso corporal (0,63%). Ferreira et al. (2014), trabalhando com codornas de corte, também estimaram a exigência de metionina total (relação metionina: cistina de 63,47%) maior para a obtenção do máximo RP (0,61%), quando comparada com a exigência determinada para o máximo ganho de peso (0,59%).

Resultados diferentes do presente trabalho para RP e semelhantes para o RC e RS foram encontrados por Corrêa et al. (2010), que relataram não haver efeito dos níveis de metionina (met + cis) sobre o RC, RP e RS de codornas de corte, aos 42 dias de idade, sendo que o nível mais elevado suplementado neste experimento foi de 1,03% de met + cis. Ahmed e Abbas (2011) também não encontraram diferenças no RS de frangos, com os níveis de metionina suplementados.

Não foi encontrado efeito da suplementação de COL, nas variáveis RC, RA, RP e RS. Resultados semelhantes foram descritos por Fouladi et al. (2011a), para codornas japonesas aos 42 dias de idade, sobre o peso de carcaça, peito e coxas.

O desenvolvimento dos órgãos são ótimos indicadores da capacidade digestiva das aves, o que influencia o desempenho zootécnico (Brito et al., 2004). Assim como nesse trabalho, Fouladi et al. (2011a) relataram que a suplementação de COL na dieta, no período de um a 42 dias de idade, não influenciou o peso da moela de codornas japonesas.

O CR das codornas aos 35 dias de idade reduziu linearmente com a adição de COL nas dietas. Já Fouladi et al. (2011a) não encontraram diferença no peso deste órgão de codornas japonesas, recebendo suplementação de COL na dieta no período de um a 42 dias de idade.

Aos 14 dias de idade das codornas, observou-se que o FIG aumentou linearmente com o aumento dos níveis de Metd e COL. Resultados diferentes a esses foram encontrados por Brito et al. (2004), que observaram uma diminuição no FIG com o aumento dos níveis de Metd nas dietas de frangos abatidos aos 21 dias de idade. Já aos 35 dias de idade, o FIG não foi alterado neste trabalho, porém, a composição química deste órgão foi influenciada pela adição de COL nas rações experimentais, ocorrendo aumento da AG e redução da concentração de GD no fígado.

Em relação ao FIG, resultados diferentes a este trabalho, para a idade de 35 dias, foram descritos por Fouladi et al. (2011b), que relataram aumento da adição de COL na dieta, no período de um a 42 dias de idade, proporcionando uma diminuição do peso do fígado de codornas japonesas.

Resultados semelhantes foram observados por Hossain e Das (2014), ao avaliarem a suplementação da COL nas dietas de frangos, os quais obtiveram uma redução do teor de GD presente no coração, fígado e abdômen, indicando o nível de 1200-1800 mg de COL/kg de ração do nascimento ao abate para reduzir a deposição de GD corporal. Esse efeito lipotrófico ocorre porque a colina é responsável pelo transporte e metabolismo de lipídios e colesterol (Bertechini, 2003; Zeisel e Blusztajn, 1994), atuando na remoção ou diminuição da deposição de GD no fígado (Pour et al., 2014). Na ausência de COL, pode ocorrer acúmulo de lipídeos no fígado, por não ocorrer a formação de fosfatidilcolina, essencial para a secreção das lipoproteínas de muita baixa densidade (VLDL), que transportam os TGR do fígado para os tecidos (Zeisel e Blusztajn, 1994; Rutz et al., 2014b). Além da COL, a Metd, quando presente na dieta em quantidade adequada, atua como fator lipotrófico, porém, quando está em excesso, atua como fator antilipotrófico, podendo causar a hiper-homocisteinemia, uma das causas da esteatose hepática (Toohey, 2014).

De forma análoga, Wen et al. (2014), trabalhando com patos brancos de Pequim, observaram que dietas deficientes em COL proporcionaram a desaceleração do crescimento das aves e esteatose hepática.

A atuação da COL como fator lipotrófico (Bertechini, 2003; Zeisel e Blusztajn, 1994) pode ser observada neste trabalho, no qual se obteve com a sua suplementação a

diminuição das concentrações de TGR, COLT e VLDL aos 14 dias de idade. Aos 35 dias de idade, as concentrações de COLT e LDL também reduziram. O aumento dos níveis de Metd influenciaram as concentrações de LDL, aos 35 dias de idade, estimando-se no nível de 0,54% de Metd, o menor valor de LDL (34,54 mg/dL).

O HDL (lipoproteína de alta densidade) é o colesterol bom e o LDL (lipoproteínas de baixa densidade) o colesterol ruim, sendo considerado um verdadeiro vilão para a saúde. Seu excesso no organismo proporciona a formação de placas nas paredes das artérias, o que as torna mais espessas, dificultando a passagem de sangue para os tecidos e coração, resultando em problemas cardiovasculares. O LDL e TGR, em humanos, estão relacionados a doenças como acidente vascular cerebral, doença cardíaca coronariana e aterosclerose, além de predispor a ataques cardíacos, acidentes vasculares cerebrais, diabetes, entre outros (Ma, 2004). No presente trabalho, houve uma redução do TGR e COLT aos 14 dias de idade, em função dos níveis de COL nas dietas, e diminuição dos níveis de LDL aos 35 dias de idade em função dos níveis de Metd e COL, o que indica redução na probabilidade das codornas serem acometidas por problemas metabólicos.

Fouladi et al. (2011b), também observaram a redução no COLT e TGR no soro sanguíneo de codornas japonesas que receberam níveis de 500 e 1000 mg de COL/kg de ração, no período de um a 42 dias de idade. Diferentemente deste trabalho, estes autores também relataram que esses mesmos níveis de COL na dieta aumentaram o HDL e não interferiram no conteúdo de LDL.

O aumento dos níveis de COL reduziram as concentrações de HOM no soro sanguíneo, aos 14 e 35 dias de idade. Essa redução explica-se pelo fato da COL doar grupamentos metil para HOM converter-se em metionina (Bydlowski et al., 1998). Essa doação ocorre pela betaína poder se transformar em dimetilglicina, através da enzima betaína: homocisteína metiltransferase (fígado e rins), disponibilizando um grupo metil (Selhub, 1999; Pillai et al., 2006; Combs, 2008; Oliveira Neto, 2014; Pour et al., 2014). Aproximadamente 60% dos grupos metil utilizados no organismo são provenientes da COL e, 20% e 10-20% são oriundos da metionina e do ácido fólico, respectivamente (Food and Nutrition Board, 1998).

Conforme houve o acréscimo dos níveis de COL na dieta, uma maior quantidade de HOM provavelmente foi transformada em metionina, o que pode ter causado a diminuição dos níveis de HOM, aumentando a disponibilidade de metionina no organismo, o que poderia reduzir a sua necessidade de adição na dieta. Porém, os níveis

de HOM podem estar baixos por uma maior quantidade de HOM ter entrado na via da transulfuração, cuja hipótese é a mais plausível para este trabalho, por não ter sido observado no desempenho das codornas o efeito poupador da Metd pela COL.

A CRE é um composto nitrogenado não proteico, originada através da formação da creatina (Murray et al., 2003) após a síntese da glicina e arginina e doação de grupamento metil pela S-adenosilmetionina (Lehninger e Cox, 2014). Essa formação ocorre no fígado, indo para a corrente sanguínea e posteriormente para o músculo, onde atua na produção de energia (ATP) necessária para a sua contração, podendo ser estocada como fosfocreatina, após ser fosforilada pela creatinina quinase, sendo que sua degradação gera a CRE, excretada pelos rins (Murray et al., 2003).

Os níveis elevados de CRE podem ser indicativos de deficiência na funcionalidade renal, ou também devido ao aumento da ingestão de proteínas na dieta (Tangri et al., 2011). Seus níveis plasmáticos estão correlacionados à massa muscular do animal, sendo que em casos de atrofia ocorre diminuição dos níveis de CRE (González e Silva, 2006). No presente trabalho, os níveis de CRE aumentaram concomitantemente com o ganho de peso corporal das codornas, resultante da melhoria nutricional da dieta, no atendimento das exigências nutricionais de Metd e COL.

As enzimas ALT e AST diminuíram suas concentrações no soro aos 35 dias de idade, devido ao aumento dos níveis de Metd nas rações experimentais das codornas. A diminuição dos níveis de AST e ALT sugerem a diminuição dos danos musculares, reduzidos pela diminuição da deficiência de Metd na dieta das codornas, pois estas transaminases são liberadas pelos tecidos em baixas quantidades, com exceção para os tecidos lesionados. A ALT está presente em maiores quantidades no fígado e a AST no fígado, eritrócitos, músculos esqueléticos e cardíacos, podendo seus níveis no organismo serem utilizados como indicativos de várias patologias, acometendo principalmente esses tecidos (González e Silva, 2006).

Os diferentes níveis de Metd e COL não interferiram no empenamento das codornas de corte no período de um a 14 e 15 a 35 dias de idade. Isso justifica-se pelo fato de que, neste experimento, foram atendidas as exigências nutricionais de cistina com a adição de L-cistina nas dietas, e não se trabalhou com níveis extremos de privação de Metd. A metionina desempenha um papel muito mais importante para o empenamento das aves, principalmente quando é utilizada nas dietas também para a síntese no organismo da cistina (D'Mello, 2003; Pinto et al., 2003), sendo que para a formação das estruturas das penas, são utilizados aproximadamente 2% de metionina e

25% de cistina da dieta das aves (Leeson e Summers, 1997; Pinto et al., 2003; Oliveira Neto, 2014).

A ausência de COL na dieta e o excesso de Metd, são fatores que colaboram para o aumento da HOM no soro sanguíneo, que em excesso (hiper-homocisteinemia) (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007), prejudica as ligações cruzadas do colágeno da matriz óssea (Thaler et al., 2011; Coussirat et al., 2012), devido à inibição da atividade lisil-oxidase. Essa enzima em quantidades elevadas, estimula a atividade dos osteoclastos, o que interfere negativamente na remodelagem óssea (Thaler et al., 2011), causando anomalias ósseas, como a discondroplasia tibial, perose, diminuição da mineralização, ocasionando redução da REO e osteoporose (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007).

No presente experimento, não ocorreu elevação da HOM no soro sanguíneo. O aumento dos níveis de COL nas dietas experimentais diminuiu seus níveis, sendo um possível indício de melhorias na qualidade óssea. Porém, alguns autores (Zeisel e Blusztajn, 1994; Wen et al., 2014) também relatam que dietas deficientes em COL, mesmo em níveis baixos de HOM, também geram uma série de desordens ósseas, como por exemplo a perose. A severidade da privação da COL é influenciada pelo nível de metionina, vitamina B12, ácido fólico e gordura presente na dieta (Pour et al., 2014).

A adição de COL nas dietas foi responsável pelo aumento da REO da tíbia e fêmur e DO do fêmur aos 14 dias de idade, e melhorou a REO do fêmur aos 35 dias de idade das codornas, mostrando que sua adição nas dietas promoveu melhorias nas características ósseas, pelo fato da COL ser necessária na formação dos fosfolipídios, que atuam no processo de maturação da matriz da cartilagem óssea (Pour et al., 2014). Wen et al. (2014) também verificaram a importância da COL nas dietas de patos brancos de Pequim para a melhoria da qualidade óssea, relatando que em dietas deficientes ocorreu alteração da estrutura óssea das aves, provocando perose nas pernas.

Os níveis de suplementação de Metd, ocasionaram decréscimo na REO do fêmur assim como na REO e DO da tíbia, quando avaliadas aos 14 dias de idade. A diminuição da REO e DO evidenciou a existência de osteoporose, a qual é caracterizada como uma deterioração na microarquitetura, assim como a diminuição na massa óssea, predispondo os ossos a fraturas. O processo de perda óssea ocorre devido a um desequilíbrio em nível celular dos osteoclastos (reabsorção óssea) e osteoblastos (formação dos ossos), não ocorrendo a correta remodelagem dos ossos, os tornando frágeis (MageryGass e Bess Dawson-Hugles, 2006).

A adição de Metd nas dietas resultou em piora nas características de qualidade ósseas na fase inicial de crescimento. No entanto, na fase final, influenciou positivamente, provavelmente devido à maior renovação óssea, devido à grande concentração de osteoblastos e maior deposição de minerais nesta fase (Junqueira e Carneiro, 2008).

4.5. Conclusão

A exigência de metionina digestível para o máximo desempenho de codornas de corte, no período de um a 14 dias de idade, foi de no mínimo 0,66% de Metd na ração e, no período de 15 a 35 dias de idade, foi de no mínimo 0,63% de Metd na ração. Nos níveis de colina suplementados, não foi possível promover a complementação da exigência de metionina digestível.

4.6. Literatura citada

- AHMED, M.E. & ABBAS, T.E. (2011) Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics. *Internacional Journal of Poultry Science*, **10**: 147-151.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC (2005) *Official methods of analysis*. 18 ed. Washington, DC, US.
- BERTECHINI, A.G. (2003) *Nutrição de monogástricos*. 1 ed. p.341 (Lavras-MG: FAEPE).
- BRITO, A.B.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; XAVIER, S.A.G.; MURAMATSU, K. & ANDRADE, M.A. (2004) Níveis de metionina + cistina em rações de frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias). *Ars Veterinária*, **20**: 9-15.
- BYDŁOWSKI, S.P.; MAGNANELLI, A.C & CHOMONE, D.A.F. (1998) Hiperhomocisteinemia e doenças vaso-oclusivas. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **71**: 69-76.
- CASE, L.P.; CAREY, D.P. & HIRAKAWA, D.A. (1997) *Nutrición canina y felina*. 1 ed. p.417 (Madrid – Espana: Hacourt Brace de Espana).
- COMBS, G.F. (2008) The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. In: *Quasi-vitamins*. Wagner, A.F. & Folkers, K., 3 ed. p.400-406. (California-Estados Unidos: Elsevier Academic Press).

- COOPER, M.A. & WASHBURN, K.W. (1997) The relationships of temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*, **77**: 237-242.
- CORRÊA, G.S.S.; SILVA, M.A.; CORRÊA, A.B.; FONTES, D.O.; SANTOS, G.G.; FREITAS, L.S. & WENCESLAU, R.R. (2010) Níveis de metionina + cistina para características de desempenho e de carcaça em codornas de corte EV2. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **62**: 940-947.
- COUSSIRAT, C.; BATISTA, C.; SCHNEIDER, R.H.; RESENDE, T.L. & SCHWANKE, C.H.A. (2012) Vitaminas B12, B6, B9 e homocisteína e sua relação com a massa óssea em idosos. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, **15**: 577-585.
- D'MELLO, J.P.F. (2003) Conclusions. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Amino acids in animal nutrition*. 2 ed. p.143-155. (Wallingford, UK: Cabi Publishing).
- FERREIRA, F.; CORRÊA, G.S.S.; CORRÊA, A.B.; SILVA, M.A.; FELIPE, V.P.S.; WENCESLAU, R.R.; FREITAS, L.S.; SANTOS, G.G.; GODINHO, R.M.; CLIMACO, W.L.S.; DALSECCO, L.S. & CARAMORI JÚNIOR, J.G. (2014) Características de carcaça de codornas de corte EV1 alimentadas com diferentes níveis de metionina + cistina total. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **66**: 1855-1864.
- FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine. (1998) *Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, and choline*. 1 ed. p.592 (Washington, DC: The National Academy Press).
- FOULADI, P.; NOBAR, R.S.D.; ALIREZA, A.; HABIB, A.S. & ABOLFAZI, A. (2011a) Effect of choline chloride supplement on the internal organs and carcass weight of Japanese quail. *Annals of biological research*, **2**: 485-491.
- FOULADI, P.; NOBAR, R.S.D.; ALIREZA, A.; HABIB, A.S. & ABOLFAZI, A. (2011b) Effect of choline chloride supplement on liver's and blood's cholesterol and triglyceride contents in Japanese quail, *Annals of biological research*, **2**:472.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A.O.; OLIVEIRA, R.P. & MURAKAMI, A.E. (2008) Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **51**: 49-56.
- FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I. & FREDRICKSON, D.S. (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, **18**: 499-502.

- GONZÁLEZ, F.H.D. & SILVA, S.C. (2006) Perfil Bioquímico no Exercício. In: *Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária*. 2 ed. p.364 (Porto Alegre: Editora da UFRGS).
- HOSSAIN, M.E. & DAS, G.B. (2014) Effects of supplemental choline on deposition of cardiac, hepatic and abdominal fat in broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, **43**: 118-122.
- JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. (2008) *Histologia básica*. 11 ed. p.533 (Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan).
- LEACH JR., R.M & MONSONEGO-ORNAN, E. (2007) Tibial dyschondroplasia 40 years later. *Poultry Science*, **86**: 2053-2058.
- LEESON, S. & SUMMERS, J.D. (1997) Feeding programs for broiles. In: *Comercial Poultry Nutrition*. 2 ed. p.350 (Canada: University Books).
- LEHNINGER, D.L. & COX, M.M. (2014) *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6 ed. p.1298 (Porto Alegre: Artmed).
- LOWE, P.C. & MERKLEY, J.W. (1985) Association of genotypes for rate of feathering in broilers with production and carcass composition traits. *Poultry Science*, **65**: 1853-58.
- MA, H. (2004) Cholesterol and Human Health. *Nature and Science*, **2**: 17-21.
- MAGERY GASS, M.D. & BESS DAWSON-HUGLES, M.D. (2006) Preventing osteoporosis-related fractures: an overview. *The American Journal of Medicine*, **119**: 3-11.
- MINDICINO, H.J.; CARLSEN J.; TEWARI P.; AAGAARD O.; ZHANG B. & CONARPE C. (2002) An evaluation of an automated homocysteine method on the Bayer ADVIA Centaur R automated chemiluminescence system. *Clinical Laboratory*, **48**: 493-6.
- MONGIN P. (1981) Recent advances in dietary ânion-cátion balance: applications in poultry. *Proceedings of the Nutrition Society*, **40**: 285-294.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. & RODWELL, V.W. (2003) *Harper's illustrated biochemistry*. 26 ed. p.783 (São Paulo, SP: Atheneu).
- OLIVEIRA NETO, A.R. (2014) Metabolismo e exigência de metionina. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.186-217 (Jaboticabal, SP: Funep).

- OTUTUMI, L.K.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; GARCIA, E.R.M.; TON, A.P.S. & MONTEIRO, A.C. (2009) Efeito do probiótico sobre o desempenho, rendimento de carcaça e exigências nutricionais de proteína bruta de codornas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**: 299-306.
- PILLAI, P.B.; FANATICO, A.C.; BEERS, K.W.; BLAIR, M.E. & EMMERT, J.L. (2006). Homocysteine remethylation in Young broilers fed varying levels of methionine, choline and betaine. *Poultry Science*, **85**: 90-95.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A.; SOARES, R.T.R.N. & PEREIRA, C.A. (2003) Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **32**: 1174-1181.
- POUR, H.A.; HAMEDANI, M.A.; NASAB, M.E.; BABAZADEH, M.H. & DAVOUDI, S.M. (2014) Effect of choline on performance quality of non-ruminant. *Entomology and applied science letters*, **1**: 14-18.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. & EUCLIDES, R.F. (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos*. 3 ed. p.252 (Viçosa – MG).
- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A. & MAIER, J.C. (2014a) Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.144-166 (Jaboticabal, SP: Funep).
- RUTZ, F.; XAVIER, E.G. & ROLL, V.F.B. (2014b) Exigências de vitaminas para aves. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K. & HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*. 1 ed. p.389-402 (Jaboticabal, SP: Funep).
- SAKOMURA, N.K. (2004) Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, **6**: 1-11.
- SAKOMURA, N.K. & ROSTAGNO, H.S. (2007) *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 1 ed. p.283 (Jaboticabal-SP).
- SCHERER, C. (2009) *Exigência nutricional de energia metabolizável, lisina digestível e metionina + cistina digestível para codornas de corte em fase de crescimento*. p.118 (Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá – Tese (Doutorado em Zootecnia)).
- SEEDOR, T.; WATANABE, E. & KADOWAKI, W. (1996) Effect of dietary and arginine levels on bone development in broiler chicks. *Animal Science and Technology*, **67**: 7-13.

- SELHUB, J. (1999) Homocysteine metabolism. *Annual Review of Nutrition*, **19**: 217-46.
- SILVA, J.H.V. (2009a) *Tabelas para codornas japonesas e europeias*. 2 ed. p.107 (Jaboticabal-SP: FUNEP).
- SILVA, J.H.V. (2009b) Tópicos especiais na criação de codornas no Brasil. In: SILVA, J.H.V. *Tabelas para codornas japonesas e europeias*. 2 ed. p.107 (Jaboticabal-SP: FUNEP).
- SILVA, R.M.; FURLAN, A.C.; TON, A.P.S.; MARTINS, E.N.; SCHERER, C. & MURAKAMI, A.E. (2009) Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**: 1509-1517.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM-SAS, (2001) Version Release 8.2. for Windows. CD-ROM (Cary).
- TANGRI, N.; STEVENS, L.A.; SCHIMID, C.H.; ZHANG, Y.L.; BECK, G.J.; GREENE, T.; CORESH, T. & LEVEY, A.S. (2011) Changes in dietary protein intake has no effect on serum cystatin C levels independent of the glomerular filtration rate. *Kidney International*, **79**: 471-477.
- TON, A.P.S. (2010) *Exigências de treonina e triptofano digestível para codornas de corte*. p.109 (Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá - Tese (Doutorado em Zootecnia)).
- TOOHEY, J.I. (2014) Sulfur amino acids in diet-induced fatty liver: a new perspective based on recent findings. *Molecules*, **19**: 8334-8349.
- THALER, R.; AGSTEN, M. & SPITZER, S. (2011) Homocysteine suppresses the expression of the collagen cross-linker lysyl oxidase involving IL-6, Fli1, and epigenetic DNA methylation. *Journal of Biological Chemistry*, **286**: 5578–5588.
- WEN, C.; CHEN, X.; CHEN, Y.G.; WU, P.; CHEN, Y.P.; ZHOU, Y.M. & WANG, T. (2014) Methionine improves breast muscle growth and alters myogenic gene expression in broilers. *American Society of Animal Science*, **92**: 1068-1073.
- ZEISEL, S.H. & BLUSZTAJN, J.K. (1994) Choline and human nutrition. *Annual Review of Nutrition*, **14**: 269–96.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, foi possível a determinação das exigências de metionina (Metd) e cistina digestível (Cisd), assim como estabelecer a relação entre esses aminoácidos sulfurosos, para o máximo desempenho de codornas de corte em fase de crescimento. As exigências de metionina + cistina digestíveis e a relação entre Metd:Cisd, no período de um a 14 dias de idade, foram de 1,26% (0,66% de Metd + 0,60% de Cisd na ração) e 52,38%, e no período de 15 a 35 dias de idade das aves, foram de 1,21% (0,63% de Metd + 0,58% de Cisd na ração) e 52,07%, respectivamente.

Visando a substituição parcial de metionina por colina nas dietas, e com isso se ter diminuição dos custos com a alimentação das codornas, foi realizado um experimento neste trabalho, porém, através dos resultados obtidos, concluiu-se que nos níveis de colina suplementados não foi possível promover a complementação da exigência de metionina digestível para as codornas de corte em fase de crescimento. Assim, a exigência de Metd para o máximo desempenho, no período de um a 14 dias de idade, foi de no mínimo 0,66% de Metd na ração e, no período de 15 a 35 dias de idade foi de no mínimo 0,63% de Metd na ração.

Esta abordagem permitirá um maior conhecimento do metabolismo das codornas, possibilitando utilizar, nas propriedades rurais, níveis de metionina ou/e cistina que atendam às exigências nutricionais dessas aves em fase de crescimento, visando obter uma melhor resposta em termos de ganho de peso e conversão alimentar, sem causar alterações metabólicas em seu organismo. A utilização de rações com quantidades ideais de nutrientes permite balanceamento da dieta, evitando deficiência ou desperdício

dos mesmos, atendendo às necessidades fisiológicas das aves, possibilitando a expressão do seu máximo potencial zootécnico.

Assim, os resultados obtidos neste trabalho poderão contribuir para melhorias a campo, possibilitando a diminuição dos custos da produção da proteína animal, e o consequente aumento da lucratividade do setor.