

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE AMINOÁCIDOS DE
CADEIA RAMIFICADA PARA CODORNAS JAPONESAS
EM CRESCIMENTO

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Daiane de Oliveira Grieser

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro - 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE AMINOÁCIDOS DE
CADEIA RAMIFICADA PARA CODORNAS JAPONESAS
EM CRESCIMENTO

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Daiane de Oliveira Grieser

“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
fevereiro - 2022

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

Benites, Mariani Ireni

Exigência nutricional de aminoácidos de cadeia ramificada para codornas japonesas em crescimento / Mariani Ireni Benites. -- Maringá, PR, 2022.
86 f.color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Simara Márcia Marcato.

Coorientadora: Profa. Dra. Daiane de Oliveira Grieser Grieser.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2022.

1. Codornas japonesas - Nutrição. 2. Aminoácidos de cadeia ramificada. 3. Monogástricos - Nutrição. I. Marcato, Simara Márcia, orient. II. Grieser, Daiane de Oliveira Grieser, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.6

Jane Lessa Monção - CRB 9/1173



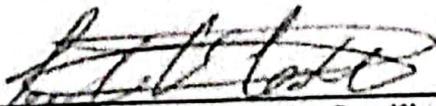
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

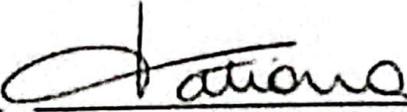
EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE AMINOÁCIDOS
DE CADEIA RAMIFICADA PARA CODORNAS
JAPONESAS EM CRESCIMENTO

Autora: Mariani Ireni Benites
Orientadora: Profª Drª Simara Marcia Marcato

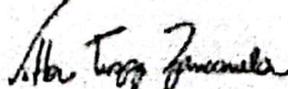
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

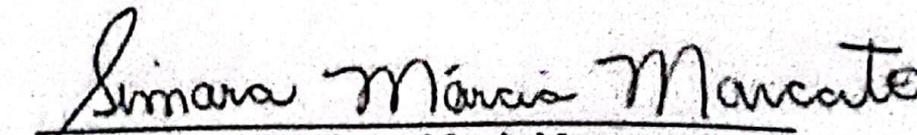
APROVADA em 24 de fevereiro de 2022.


Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha


Profª Drª Tatiana Carlesso dos
Santos


Profª Drª Ana Paula Silva Ton


Prof. Dr. Vittor Zancanela


Profª Drª Simara Marcia Marcato
Orientadora

O Senhor é o meu pastor, nada me faltará.
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas
tranquilas.
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por
amor do seu nome.
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria
mal algum, porque Tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me
consolam.
Preparas uma mesa perante a mim na presença dos meus
inimigos, unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice
transborda.
Certamente que a bondade e a misericórdia divina me seguirão
todos os dias da minha vida; e habitarei na casa do Senhor por
longos dias.

Salmo 23

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas,
aos meus amados pais
Ana Cecília Cunha Benites e Eudes Benites (*In memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Busco em poucas linhas demonstrar meu agradecimento e felicidade em ter realizado este trabalho que é apenas uma parte do que vivi no doutorado.

Agradeço a Deus, e a toda minha família e amigos, em especial minha mãe, irmãs e companheiro Humberto, o amor de vocês me fez forte e confiante para chegar até aqui.

A Professora Simara, agradeço toda orientação, compreensão, apoio e ensinamentos não só de sala de aula, como os da vida; e a todos os Professores que tive até agora, cada um foi essencial.

Ao grupo de pesquisa GENCO, de 2011 a 2021, por toda ajuda, apoio, ensinamentos, risadas, desabafos e carinho, este trabalho é nosso, e uma parte da minha vida também.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi e dos laboratórios da Universidade Estadual de Maringá que tornaram possível a realização deste estudo e de momentos únicos.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e a empresa Vicami pela doação das codornas utilizadas neste estudo.

Jamais serei capaz de agradecê-los como merecem.

BIOGRAFIA

Mariani Ireni Benites, Filha de Eudes Benites e Ana Cecília Cunha Benites, nascida em 10 de dezembro de 1992 na cidade de Garça - SP. Em 2011, ingressou no curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá - PR, sendo bolsista PIBIC/CNPq durante todo o curso. Em março de 2016, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, Maringá-PR, tendo como orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato, e submeteu-se à banca examinadora em março de 2018. Em março de 2018, ingressou no curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, Maringá-PR, tendo como orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato, e submeteu-se a banca examinadora em fevereiro de 2022.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
I - INTRODUÇÃO	1
1.1 Revisão de literatura	2
1.1.1 Aminoácidos de cadeia ramificada.....	2
1.1.2 Metabolismo dos aminoácidos de cadeia ramificada.....	3
1.1.3 Antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada.....	5
1.1.4 Papel dos aminoácidos de cadeia ramificada.....	6
1.1.5 Aminoácidos de cadeia ramificada para codornas.....	9
1.2 Referências.....	10
II – OBJETIVOS GERAIS	15
2.1 Objetivos específicos	15
III – Exigência de leucina digestível para codornas japonesas em crescimento.....	16
Resumo.....	16
3.1. Introdução	17
3.2. Material e métodos	18
3.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental.....	18
3.2.2. Desempenho produtivo.....	19
3.2.3. Composição química corporal.....	19
3.2.4. Peso relativo de fígado.....	19
3.2.5. Bioquímica sérica.....	19
3.2.6. Análise estatística	20
3.3. Resultados	20
3.4. Discussão	21

3.5. Referências.....	23
IV – Exigência de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em crescimento.....	31
Resumo	31
4.1. Introdução	32
4.2. Material e métodos	33
4.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental.....	33
4.2.2. Desempenho produtivo.....	34
4.2.3. Peso relativo de fígado.....	35
4.2.4. Bioquímica sérica.....	35
4.2.5. Qualidade dos ovos	35
4.2.6. Análise estatística	36
4.3. Resultados	36
4.4. Discussão	37
4.5. Referências	40
V – Exigência de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas em crescimento.....	51
Resumo	51
5.1. Introdução	52
5.2. Material e métodos	53
5.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental.....	53
5.2.2. Desempenho produtivo.....	54
5.2.3. Peso relativo de fígado.....	55
5.2.4. Bioquímica sérica.....	55
5.2.5. Qualidade dos ovos	55
5.2.6. Análise estatística	56
5.3. Resultados	56
5.4. Discussão	57
5.5. Referências	59
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Exigência de leucina digestível para codornas japonesas em crescimento.....	16
Tabela 1 Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas na fase de cria (1 a 14 dias de idade)	26
Tabela 2 Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas na fase de recria (15 a 42 dias de idade)	27
Tabela 3 Desempenho de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível	28
Tabela 4 Composição corporal, taxa de deposição de gordura e de proteína e energia retida na carcaça de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível	29
Tabela 5 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível.....	30
IV – Exigência de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em crescimento.	31
Tabela 1 Composição percentual e nutricional calculada das rações referências para codornas japonesas em crescimento para as fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (43 a 145 dias de idade)	43
Tabela 2 Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a fase de cria (1 a 14 dias de idade).....	44
Tabela 3 Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a fase de cria (1 a 14 dias de idade).....	45
Tabela 4 Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a fase de recria (15 a 42 dias de idade)	46
Tabela 5 Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a fase de recria (15 a 42 dias de idade)	47
Tabela 6 Desempenho de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis	48

Tabela 7 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis	49
Tabela 8 Desempenho de codornas japonesas em produção alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis no crescimento	50
Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis	50
V – Exigência de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas em crescimento.....	51
Tabela 1 Composição percentual e nutricional calculada das rações referências para codornas japonesas em crescimento para as fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (43 a 145 dias de idade)	62
Tabela 2 Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina digestíveis para a fase de cria (1 a 14 dias de idade).....	63
Tabela 3 Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina digestíveis para a fase de cria (1 a 14 dias de idade)	64
Tabela 4 Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina digestíveis para a fase de recria (15 a 42 dias de idade).....	65
Tabela 5 Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina digestíveis para a fase de cria (15 a 42 dias de idade)	66
Tabela 6 Desempenho de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e isoleucina digestíveis	67
Tabela 7 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e isoleucina digestíveis	68
Tabela 8 Desempenho de codornas japonesas em produção alimentadas com níveis de leucina e isoleucina digestíveis no crescimento	69
Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de leucina e isoleucina digestíveis	69

RESUMO

Com a crescente busca da utilização do conceito de proteína ideal para a formulação de dietas para aves, faz-se necessário conhecer as exigências nutricionais dos aminoácidos essenciais de todas as espécies. A falta de informações precisas para codornas japonesas norteou o desenvolvimento deste estudo, com o objetivo geral de estimar a exigência nutricional dos aminoácidos de cadeia ramificada para codornas japonesas em crescimento. Capítulo III: Objetivou-se neste estudo avaliar níveis de leucina digestível para codornas japonesas em crescimento (1 a 14 e 15 a 42 dias de idade) sobre o desempenho produtivo, composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura, energia retida na carcaça, peso relativo de fígado e bioquímica sérica. Foi adotado o delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com cinco níveis de leucina digestível (1,30; 1,40; 1,50; 1,60 e 1,70%), seis repetições e 25 codornas por unidade experimental (n=750). O peso corporal aos 14 (P=0,007) e 42 dias de idade (P=0,003), e o ganho de peso de 1 a 14 (P=0,0095) e de 15 a 42 dias de idade (P=0,0257), tiveram comportamento linear decrescente em função dos níveis de leucina digestível. O consumo de ração e a conversão alimentar não apresentaram diferenças. Para as variáveis de composição química corporal, a deposição de proteína aos 42 dias de idade apresentou efeito quadrático (P=0,0053), estimando 1,45% de leucina digestível para máxima deposição proteica. O peso relativo de fígado (P=0,0059) aos 42 dias de idade apresentou aumento linear crescente em relação aos níveis de leucina digestível na dieta. Não houve efeito na bioquímica sérica aos 14 nem aos 42 dias de idade. A exigência nutricional de leucina digestível para obtenção do melhor desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo de soja é de 1,30%. Capítulo IV: Objetivou-se neste estudo avaliar níveis de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em crescimento 1 a 7 (experimento I), 8 a 14 (experimento II), 15 a 42 (experimento III) e 43 a 134 dias de idade (experimento IV), sobre o desempenho produtivo, peso relativo de fígado, bioquímica sérica e qualidade de ovos. Foi adotado o

DIC em todos os experimentos. Nos experimentos I, II e III foram utilizadas 1000 codornas em cada experimento, sendo oito tratamentos em esquema fatorial 2x4 com dois níveis de leucina digestível (1,30 e 1,70%) e quatro níveis de valina digestível (0,75; 0,85; 0,95 e 1,05%), com cinco repetições e 25 codornas por unidade experimental. No experimento IV, foram transferidas seis aves do experimento III para gaiolas de postura mantendo as unidades experimentais, a fim de avaliar possíveis efeitos residuais do experimento III, para isso, todas as aves receberam uma dieta referência no experimento IV. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo, peso relativo de fígado e bioquímica sérica nos experimentos I, II e III. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade de ovos no experimento IV. A exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para obtenção do melhor desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo de soja é de 1,30% e 0,75%, respectivamente. Capítulo V: Objetivou-se neste estudo avaliar níveis de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas em crescimento 1 a 7 (experimento I), 8 a 14 (experimento II), 15 a 42 (experimento III) e 43 a 134 dias de idade (experimento IV), sobre o desempenho produtivo, peso relativo de fígado, bioquímica sérica e qualidade de ovos. Foi adotado o DIC em todos os experimentos. Nos experimentos I, II e III foram utilizadas 1000 codornas em cada experimento, sendo oito tratamentos em esquema fatorial 2x4 com dois níveis de leucina digestível (1,30 e 1,70%) e quatro níveis de isoleucina digestível (0,65; 0,75; 0,85 e 0,95%), com cinco repetições e 25 codornas por unidade experimental. No experimento IV foram transferidas 6 aves do experimento III para gaiolas de postura mantendo as unidades experimentais, a fim de avaliar possíveis efeitos residuais do experimento III, para isso, todas as aves receberam uma dieta referência no experimento IV. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo, peso relativo de fígado e bioquímica sérica nos experimentos I, II e III. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade de ovos no experimento IV. A exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para obtenção do melhor desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo de soja é de 1,30% e 0,65%, respectivamente.

Palavras-chave: bioquímica sérica, *Coturnix coturnix japonica*, deposição proteica, desempenho zootécnico, qualidade de ovos

ABSTRACT

With the growing search for using the ideal protein concept to formulate diets for birds, it is necessary to know the nutritional requirements of the essential amino acids of all species. The lack of accurate information for Japanese quails guided the development of this study with the objective of estimating the nutritional requirement of branched-chain amino acids for growing Japanese quails. Chapter III: The objective of this study was to evaluate digestible leucine levels for growing Japanese quails (1 to 14 and 15 to 42 days of age) on productive performance, body chemical composition, protein and fat deposition rate, energy retained in carcass, relative liver weight and serum biochemistry. A completely randomized design (CRD) was used, with five levels of digestible leucine (1.30; 1.40; 1.50; 1.60 and 1.70%), six replications and 25 quails per experimental unit (n= 750). Body weight at 14 (P=0.007) and 42 days of age (P=0.003), and weight gain from 1 to 14 (P=0.0095) and from 15 to 42 days of age (P=0.0257), had a decreasing linear behavior in function of digestible leucine levels. Feed intake and feed conversion showed no differences. For body chemical composition variables, protein deposition at 42 days of age showed a quadratic effect (P=0.0053), estimating 1.45% of digestible leucine for maximum protein deposition. The relative liver weight (P=0.0059) at 42 days of age showed a linear increase in relation to the levels of digestible leucine in the diet. There was no effect on serum biochemistry at 14 or 42 days of age. The nutritional requirement of digestible leucine to obtain the best productive performance of growing Japanese quails in diets based on corn and soybean meal is 1.30%. Chapter IV: The objective of this study was to evaluate digestible leucine and valine levels for growing Japanese quails (1 to 7 (experiment I), 8 to 14 (experiment II), 15 to 42 (experiment III) and 43 to 134 days of age (experiment IV)) on productive performance, relative liver weight, serum biochemistry and egg quality. CRD was used in all experiments. In experiments I, II and III, 1000 quails were used in each experiment, with eight treatments in a 2x4 factorial scheme with two levels of digestible leucine (1.30

and 1.70%) and four levels of digestible valine (0.75; 0.85, 0.95 and 1.05%), with 5 repetitions and 25 quails per experimental unit. In experiment IV, 6 birds from experiment III were transferred to laying cages keeping the experimental units, to evaluate possible residual effects of experiment III, for that all birds received a reference diet in experiment IV. There was no difference ($P>0.05$) for productive performance parameters, relative liver weight and serum biochemistry in experiments I, II and III. There was no difference ($P>0.05$) for productive performance parameters and egg quality in experiment IV. The nutritional requirement of digestible leucine and valine to obtain the best productive performance of growing Japanese quails in diets based on corn and soybean meal is 1.30% and 0.75%, respectively. Chapter V: The objective of this study was to evaluate digestible leucine and isoleucine levels for growing Japanese quails (1 to 7 (experiment I), 8 to 14 (experiment II), 15 to 42 (experiment III) and 43 to 134 days of age (experiment IV)) on productive performance, relative liver weight, serum biochemistry and egg quality. DIC was used in all experiments. In experiments I, II and III, 1000 quails were used in each experiment, with eight treatments in a 2x4 factorial scheme with two levels of digestible leucine (1.30 and 1.70%) and four levels of digestible isoleucine (0.65; 0.75, 0.85 and 0.95%), with 5 repetitions and 25 quails per experimental unit. In experiment IV, 6 birds from experiment III were transferred to laying cages keeping the experimental units, to evaluate possible residual effects of experiment III, for that all birds received a reference diet in experiment IV. There was no difference ($P>0.05$) for productive performance parameters, relative liver weight and serum biochemistry in experiments I, II and III. There was no difference ($P>0.05$) for productive performance parameters and egg quality in experiment IV. The nutritional requirement of digestible leucine and isoleucine to obtain the best productive performance of growing Japanese quails in corn and soybean meal-based diets is 1.30% and 0.65%, respectively.

Key words: *Coturnix coturnix japonica*, egg quality, protein deposition, serum analysis, animal performance

I - INTRODUÇÃO

No cenário atual, praticamente todos os setores da economia estão sofrendo crise gerada pela pandemia do covid-19. Apesar da avicultura ser uma das poucas atividades que cresceram nesse período, o segmento da coturnicultura foi no sentido contrário, sofrendo retração, pela queda no consumo de ovos de codornas, que ocorre principalmente em restaurantes e no modo de conservas. Com as restrições da convivência social, fechamento de estabelecimentos comerciais e menor poder aquisitivo das famílias, esse foi um nicho altamente afetado, levando a desalojamento de lotes comerciais e abate de matrizes, resultando em queda de 6% na produção de ovos de codornas em 2020, segundo a última pesquisa da pecuária municipal do IBGE.

Mais do que nunca, são necessárias soluções que contribuam com menores custos de produção e eficiência produtiva, para que essa atividade consiga se restabelecer e voltar a ter competitividade dentro do setor avícola. Sabendo que os custos com a alimentação representam 70% dentro da avicultura, soluções em nutrição e alimentação que possam garantir níveis nutricionais adequados para que as aves maximizem seu potencial produtivo bem como garantir a economicidade das dietas podem ser ferramentas eficazes para amenizar os impactos dessa crise e garantir a sobrevivência da coturnicultura no Brasil.

Uma das estratégias de redução de custos com a alimentação é o uso de formulação utilizando o conceito de aminoácidos digestíveis e proteína ideal para que não haja excesso e nem deficiência de aminoácidos, resultando em maior eficiência produtiva (Salguero et al., 2014). Estudos com aves em crescimento (Ospina-rojas et al., 2016; Santos et al., 2016; Yokota et al., 2018) vêm sendo realizados com o intuito de reduzir a concentração da proteína bruta das rações, por meio de formulações baseadas nas exigências dos aminoácidos essenciais.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Aminoácidos de cadeia ramificada

Os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR) compreendem três aminoácidos neutros hidrofóbicos, são eles a leucina, isoleucina e valina. Estes 3 fazem parte dos 10 aminoácidos considerados dieteticamente essenciais para as aves, pois não podem ser sintetizados a partir de outras substâncias ou não são sintetizados em velocidade necessária para utilização pelo organismo, e devem, portanto, estar presentes na alimentação.

Os ACR caracterizam-se por sua estrutura de cadeias laterais ramificadas (Figura 1), sendo oxidados como combustível principalmente pelos tecidos muscular, adiposo, renal e encefálico (Nelson e Cox, 2018). Os ACR são necessários especificamente para a síntese proteica, compreendendo cerca de 35% dos aminoácidos indispensáveis nas proteínas musculares (Harper et al., 1984). A síntese proteica é um processo altamente regulado por várias vias de sinalização celular, sendo a via da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR) um dos principais intervenientes. Os ACR, especialmente a leucina, foram relatados como sendo um dos principais ativadores da mTOR e, portanto, são estimuladores da síntese de proteínas através da ativação do início da tradução (Chen et al., 2016).

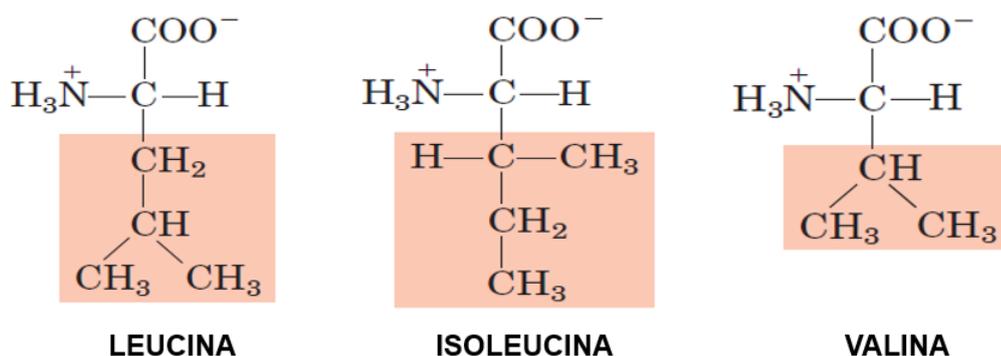


Figura 1. Estrutura dos aminoácidos de cadeia ramificada. (Nelson e Cox, 2018).

A leucina, a isoleucina e a valina são estruturalmente semelhantes, têm uma rota metabólica comum, compartilham os mesmos sistemas de transporte através da membrana celular e usam as mesmas enzimas para sua degradação (Harper et al., 1984).

O metabolismo da leucina envolve sua conversão em ácido acetoacético e ácido acético através do isovaleril-CoA por desaminação e descarboxilação, sendo, portanto, um aminoácido cetogênico. A isoleucina é convertida em isobutil-CoA por desaminação e descarboxilação, no final da via são formados o propionil-CoA e acetil-CoA sendo, esta tanto glicogênica quanto cetogênica. Enquanto a valina é convertida em isobutil-CoA por desaminação e descarboxilação e em ácido propiônico por oxidação do grupo metil e descarboxilação, sendo classificada como aminoácido glicogênico (Scottá et al., 2015).

Os ACR constituem quase 50% dos aminoácidos indispensáveis no suprimento de alimentos, portanto, suas deficiências não ocorrem naturalmente (Harper et al., 1984). Por esse motivo, o crescente interesse dos nutricionistas em compreender as interações, exigências e o metabolismo dos ACR nas aves tem focado, principalmente nos efeitos do consumo excessivo desses aminoácidos individualmente e nas relações metabólicas entre eles, ao invés de problemas relacionados a ingestões inadequadas. A maior parte dos estudos demonstram que, principalmente o excesso de leucina na dieta deprime o uso de valina e de isoleucina pelos animais, diminuindo seu desempenho (D'Mello, 2003). Porém, também há relatos de que o excesso de isoleucina pode causar deficiência de outros aminoácidos, principalmente valina e leucina (Peganova e Eder, 2002; Paula et al., 2017).

1.1.2 Metabolismo dos aminoácidos de cadeia ramificada

A maior parte dos aminoácidos tem o catabolismo acontecendo no fígado, já os aminoácidos com cadeias laterais ramificadas são oxidados como combustível, principalmente pelos tecidos muscular, adiposo, renal e cerebral. Esses tecidos extra-hepáticos contêm aminotransferase, ausente no fígado, que atua sobre os ACR, produzindo os α -cetoácidos correspondentes (Nelson e Cox, 2018). Mas, apesar do fígado não poder catabolizar os ACR de forma direta, este órgão possui um sistema ativo para a degradação dos α -cetoácidos de cadeia ramificada proveniente dos correspondentes ACR.

O catabolismo dos ACR acontece em duas etapas (Figura 2): a primeira é uma transaminação reversível pela enzima aminotransferase de aminoácidos de cadeia ramificada (ATACR) dependente de piridoxal-fosfato e a segunda etapa acontece pelo complexo enzimático desidrogenase dos α -cetoácidos de cadeia ramificada (DCCR), responsável pela descarboxilação oxidativa dos α -cetoácidos de cadeia ramificada numa reação irreversível. A atividade da enzima ATACR é alta nos músculos, enquanto a

atividade do complexo enzimático DCCR é mais alta no fígado (Shimomura e Harris, 2006).

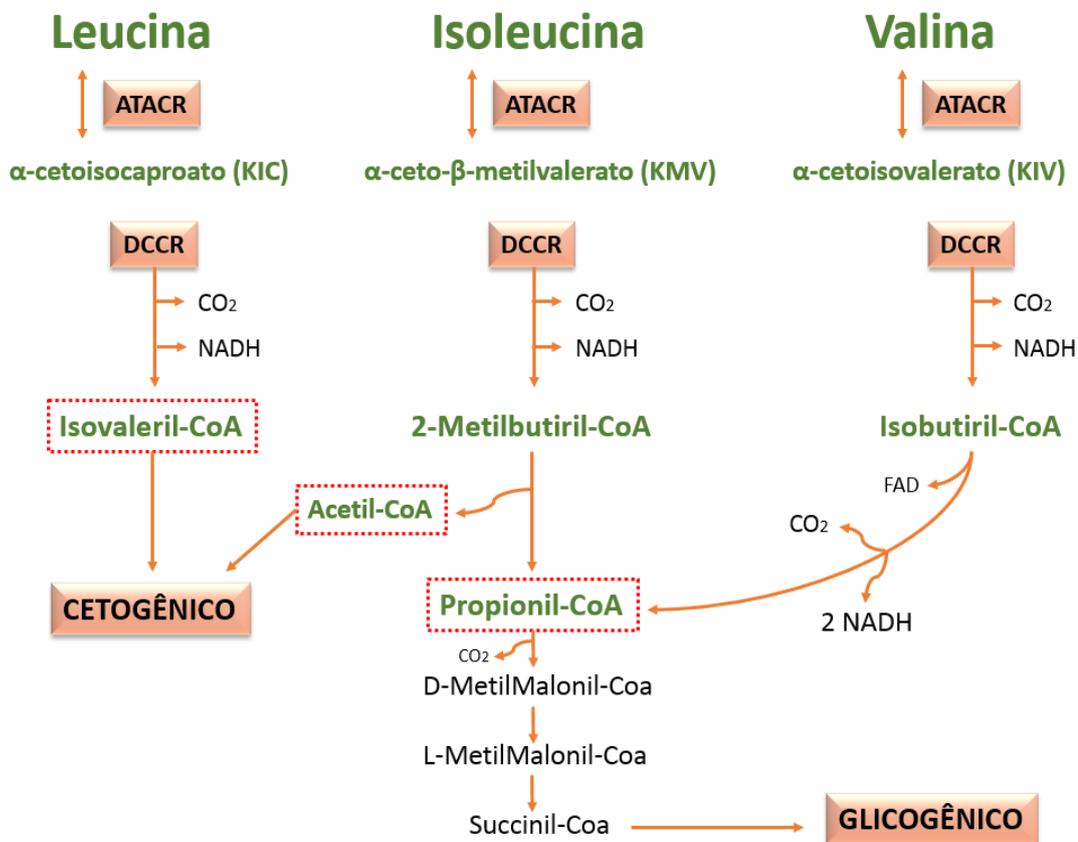


Figura 2. Vias catabólicas dos aminoácidos de cadeia ramificada. Adaptado de Brody (1998).

Na transaminação reversível ocorre a transferência de um grupamento amino do aminoácido para o α -cetoglutarato, sendo o α -cetoglutarato transformado em glutamato e os ACR convertidos em seus respectivos α -cetoácidos; o α -cetoisocaproato (KIC), α -ceto- β -metilvalerato (KMV) e α -cetoisovalerato (KIV), provenientes da leucina, isoleucina e valina, respectivamente (Wu et al., 2013). A partir do glutamato resultante pode ocorrer a síntese de outros aminoácidos, como glutamina e alanina. A glutamina é o aminoácido que está em maior concentração na circulação entre todos os aminoácidos, sendo uma reserva de nitrogênio para o músculo e capaz de transportar este entre os tecidos (DeBerardinis e Cheng, 2010). Já a alanina, além de ser utilizada para a síntese de proteínas, também pode ser utilizada como precursora para a gliconeogênese no fígado (O'Connell, 2013).

Na reação irreversível catalisada pelo complexo DCCR, os cetoácidos de cadeia ramificada KIC, KMV e KIV são convertidos em isovaleril-CoA, 3-metilbutiril-CoA e isobutiril-CoA, respectivamente (Harper et al., 1984). Assim, a maior parte dos α -cetoácidos de cadeia ramificada produzidos por tecidos extra-hepáticos são liberados para a circulação sanguínea para serem absorvidos e metabolizados pelo fígado (Wu et al., 2013).

O controle do catabolismo dos ACR é realizado, principalmente por um ciclo de fosforilação e desfosforilação da enzima DCCR, já que, quando fosforilada, a DCCR é inativada e sendo desfosforilada apresentando-se em sua forma ativa. Baixa ingestão de proteínas favorece a inativação da DCCR, enquanto a alta ingestão favorece a ativação. Dietas com alta concentração de leucina podem aumentar a exigência de valina e isoleucina, visto que a leucina também favorece a ativação da DCCR através da inibição da quinase responsável por sua fosforilação, aumentando o catabolismo dos α -cetoácidos de cadeia ramificada (Rogerio e Tirapegui, 2008).

Após a transaminação e descarboxilação dos ACR, os esqueletos de carbono da leucina, isoleucina e valina são degradados por diferentes enzimas, todas localizadas nas mitocôndrias. Especificamente, acetil-CoA mais acetoacetato, succinil-CoA e acetil-CoA mais succinil-CoA são produzidos a partir de leucina, valina e isoleucina, respectivamente. Como o fígado não pode utilizar o acetoacetato pela ausência da 3-cetoácida-CoA transferase, este metabólito deve ser convertido em β -hidroxibutirato e os dois corpos cetônicos são posteriormente oxidados por tecidos extra-hepáticos. Com base no destino metabólico dos ACR, a leucina é estritamente cetogênica, a valina é glicogênica e a isoleucina é cetogênica e glicogênica (Wu et al., 2013).

1.1.3 Antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada

Pesquisas recentes em codornas, frangos e suínos (Soumeh et al., 2015; Ospina-Rojas et al., 2016; Santos et al., 2016; Yokota et al., 2018) demonstraram que a concentração da proteína bruta das rações está sendo reduzida por meio de formulações baseadas nas exigências dos aminoácidos essenciais.

Em dietas com baixo teor proteico, e que contém alta concentração de leucina, ocorre a redução das concentrações de valina e isoleucina no organismo. Podendo ser explicado em parte, pela estimulação da oxidação dos ACR, por meio da ativação mediada pela leucina do complexo DCCR, que reduz os cetoácidos da valina e da isoleucina, afetando suas concentrações (Shimomura e Harris, 2006). Com isso, as

exigências de valina e isoleucina na dieta aumentam quando há suplementação de leucina (Zhang et al., 2016).

O excesso de leucina na dieta acarreta menor absorção e maior degradação da valina e isoleucina, diminuindo os níveis séricos destes aminoácidos no sangue; entretanto, o aumento dietético dos aminoácidos valina e isoleucina parece atenuar este antagonismo de acordo com alguns autores (Soumeh et al., 2015; Morales et al., 2016).

A estimulação do catabolismo dos ACR pelo excesso de leucina, além de reduzir o “pool” sanguíneo de valina e isoleucina, pode ainda induzir a depleção de outros aminoácidos no cérebro, particularmente aqueles que são os precursores dos neurotransmissores, comprometendo o consumo de ração, pela redução da entrada de triptofano no sistema nervoso central, levando à redução das concentrações de serotonina (Choi et al., 2013). Farran e Thomas (1992) observaram fraqueza nas pernas e penas de frangos de corte em crescimento pelo declínio da ingestão de alimentos causado pelo antagonismo dos ACR. Já D’Mello (2003) demonstrou que os excessos dos três ACR reduziram as concentrações cerebrais de dopamina, noradrenalina, e 5-hidroxitriptamina e que os níveis desses neurotransmissores foram restaurados com a suplementação dietética com seus precursores, fenilalanina e triptofano.

1.1.4 Papel dos aminoácidos de cadeia ramificada

A síntese proteica é um processo altamente regulado por várias vias de sinalização celular, sendo a via mTOR (alvo da rapamicina em mamíferos) um dos principais intervenientes. Os ACR, especialmente a leucina, foram relatados como sendo um dos principais ativadores da mTOR e, portanto, são estimuladores da síntese de proteínas através da ativação do início da tradução (Chen et al., 2016). A leucina estimula a oxidação dos ácidos graxos no tecido adiposo e muscular, fornecendo energia para a realização da síntese proteica (Liang et al., 2014). Adicionalmente ao processo de síntese, a leucina também é capaz de reprimir a proteólise autofágica nos músculos esqueléticos (Shimomura e Harris, 2006; Tsien et al., 2015), fundamental para o aumento e manutenção do volume muscular.

A mTOR é uma proteína quinase e pode se apresentar em dois complexos estruturalmente e funcionalmente distintos, mTORC1 e mTORC2 (Bar-Peled e Sabatini, 2014; Wang e Guo, 2013). A diferença entre os dois complexos ocorre nos seguintes aspectos: mTORC1 é muito sensível à rapamicina e estimula, principalmente a síntese

proteica e o crescimento celular; enquanto a mTORC2 exibe inibição limitada pela rapamicina e estimula principalmente a proliferação celular.

A mTORC1 atua como regulador do crescimento celular através da fosforilação de substratos que potencializam os processos anabólicos e inibem os catabólicos, como a tradução do mRNA e a autofagia, respectivamente. Uma variedade de sinais ambientais afeta a mTORC1 para controlar sua atividade, incluindo fatores de crescimento, o status energético da célula, oxigenação, estresse celular e variações no suprimento de aminoácidos (Burket et al., 2015; Yoon, 2016; Saxton e Sabatini, 2017).

Resumidamente, a mTORC1 estimula a síntese de proteínas a partir de três proteínas regulatórias principalmente, são elas: a proteína 1 ligante fator de iniciação eucariótico 4E (4E-BP1); a proteína quinase ribossomal S6 de 70kDA (p70S6k); e a terceira, o fator de iniciação eucariótico 4G (eIF4G) (Figura 3) (Laplante e Sabatini 2012).

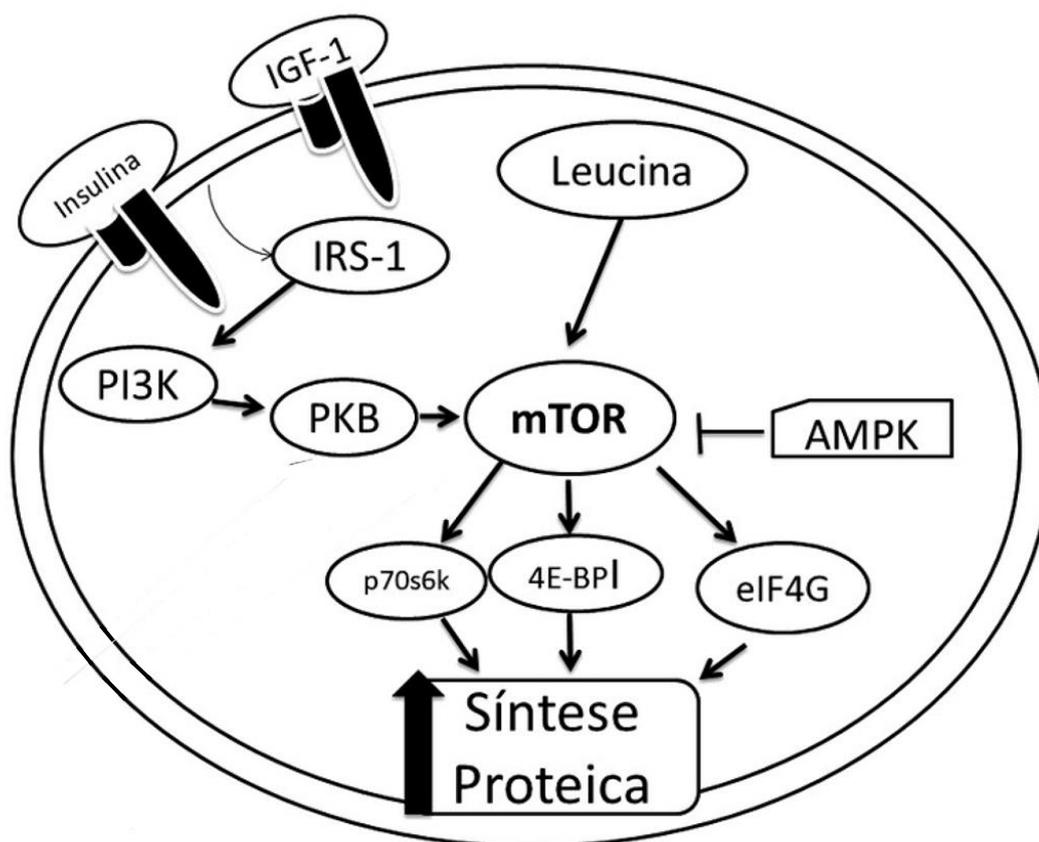


Figura 3. Esquema da síntese proteica muscular pela ativação de mTOR por meio das três proteínas regulatórias principais. Adaptado de Deldicque et al. (2005).

Outra substância que pode modular a atividade da mTOR é a insulina, que é capaz de potencializar o efeito da leucina sobre a síntese proteica, mediante ativação da proteína quinase B (PKB). Porém, estudos sugerem que a ação da insulina sobre a síntese de proteínas não ocorre sem a presença de aminoácidos, e que a insulina e aminoácidos agem em conjunto para estimular as funções mitocondriais das células musculares a síntese de proteínas (Barazzoni et al., 2012).

Pesquisas prévias indicaram que as aves expressam amplamente o TOR, um gene homólogo a mTOR em mamíferos, localizado no cromossomo 21 das aves (Tesseraud et al., 2003; Richards e Proszkowiec-Weglarz, 2007). Igualmente como em mamíferos, a leucina também ativa a fosforilação da proteína S6K1 nas aves (Everaert et al., 2010). Portanto, a suplementação de leucina em frangos de corte poderia estimular a síntese proteica da mesma maneira como ocorre nos mamíferos.

Apesar de alguns estudos indicarem a existência e o funcionamento da sinalização hipotalâmica via TOR em aves, a compreensão de como sua atividade é regulada é indefinida. Tesseraud et al., (2003) afirmaram que a leucina regula a fosforilação da proteína S6K1 e a síntese proteica no mioblasto de codornas através do mTOR e/ou o fosfatidilinositol 3-quinase (PI3-quinase), por processos independentes de insulina. Estes autores observaram que a aplicação de rapamicina (inibidor de mTOR) na linha celular de mioblastos de codornas bloqueou a fosforilação da proteína S6K1 e, por conseguinte, a síntese de proteínas. Este resultado corrobora a existência de um homólogo mTOR nas aves.

A deposição de proteína está ligada a períodos de crescimento dos animais, que diminuem acentuadamente após o período neonatal com o avançar da idade. As taxas de síntese e deposição da proteína do músculo esquelético são maiores na fase neonatal do que em qualquer outro período de desenvolvimento pós-natal (Davis et al., 1989). Em espécies aviárias podem existir mudanças similares relacionadas à idade, e Tesseraud et al., (1996) relataram que as taxas de síntese fracional de proteína nos músculos esqueléticos de pintinhos diminuíram significativamente com a idade. No entanto, não existem evidências que sugiram relação entre o alvo da via da rapamicina e a idade do pintinho e se ocorrem efeitos musculares dependentes da idade.

A pesquisa sugere que a proteína dietética regula a S6K1 e a síntese proteica em pintos recém-eclodidos (Everaert et al., 2010), porém, o efeito da leucina dietética na via de sinalização da mTOR em pintinhos neonatos é desconhecido. Além disso, a maioria das pesquisas nas vias de sinalização da mTOR concentra-se em suínos e ratos (Seiliez et

al., 2008). Poucos estudos existem para descrever as vias de sinalização da mTOR em pintinhos (Wang et al., 2013).

Deng et al., (2014) demonstraram que uma dieta rica em leucina em pintos neonatos aumenta a expressão gênica de mTOR, S6K1 e 4E-BP1 e aumenta a fosforilação da mTOR, bem como da proteína alvo S6K1. Os mesmos autores ainda concluíram que uma dieta rica em leucina em pintos neonatos aumenta a ativação de componentes relacionados à iniciação transcricional e translacional (isto é, proteínas envolvidas na via mTOR) no músculo de pintos neonatos. Portanto, a via mTOR/S6K1 no músculo do pintinho é ativada pela leucina e a idade do pintinho enfraquece a estimulação mediada pela leucina da ativação da via de sinalização mTOR.

1.1.5 Aminoácidos de cadeia ramificada para codornas

Várias pesquisas foram feitas recentemente para determinar as exigências de valina e isoleucina em codornas (Santos et al., 2016; Viana et al., 2017; Alves et al., 2017; Paula et al., 2017). No entanto, poucos estudos foram focados em determinar as exigências de leucina, visto que na indústria as formulações de dietas práticas para aves comumente excedem as exigências deste aminoácido.

Como já visto, o excesso de leucina pode causar alterações metabólicas em frangos de corte, poedeiras e suínos, sendo necessários estudos também em codornas, que por possuir rápido crescimento e precocidade, um pequeno prejuízo na função dos ACR pode trazer danos irreparáveis ao desempenho dessas aves.

Apesar dos relatos de antagonismo serem principalmente com a leucina, também pode acontecer com a isoleucina, como foi reportado por Peganova e Eder (2002) observaram que altas concentrações de isoleucina e baixos níveis de valina e leucina afetaram o desempenho de poedeiras na fase de postura, levando à perda de peso e redução da massa de ovos linearmente com o aumento da isoleucina. O peso corporal se mostrou mais sensível ao excesso de isoleucina do que o consumo de ração. Os autores sugerem que o excesso de isoleucina pode ter causado deficiência de outros aminoácidos, presumivelmente valina e leucina, para o sítio de síntese da proteína. O mesmo efeito foi observado por Paula et al., (2017) ao avaliar as relações isoleucina/lisina para codornas japonesas em produção.

Em contrapartida, Santos et al., (2016) não verificaram diferença na produção e qualidade de ovos de codornas e concluíram que a variação de isoleucina na dieta de codornas de postura não causou desequilíbrio nos ACR, já que a produção de ovos é

influenciada pela disponibilidade de aminoácidos na dieta, pois constituem as proteínas presentes no ovo.

Por outro lado, estudos que extrapolaram na quantidade de valina presente na dieta não apresentaram diferenças significativas no desempenho de codornas de corte, parecendo não ter interferido no metabolismo dos outros ACR (Alves et al., 2017; Batista et al., 2016).

Apesar da extrema importância que o metabolismo dos aminoácidos de cadeia ramificada exerce na síntese proteica, que é fundamental para criações que têm o intuito de produzir proteína de origem animal, ainda faltam estudos e informações para muitas espécies, como é o caso das codornas de postura. É necessário mais conhecimento sobre como os ACR atuam no crescimento dessas aves, podendo então estabelecer exigências precisas e dar a atenção necessária aos efeitos negativos do excesso de leucina na dieta sobre o desempenho desses animais.

1.2 Referências bibliográficas

- Alves, W.J.; Viana, G.S.; Barreto, S.L.T.; Muniz, J.C.L.; Hannas, M.I.; Silva, A.D.; Barros, V.R.M.S., 2017: Optimum Digestible Valine to Lysine Ratio for Meat-Type Quails from 15 to 35 Days of Age. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* **19**, 185-190.
- Barazzoni R.; Short, K.R.; Asmann, Y.; Coenen-Schimke, J.M.; Robinson, M.M.; Nair, K.S., 2012: Insulin fails to enhance mTOR phosphorylation, mitochondrial protein synthesis, and ATP production in human skeletal muscle without amino acid replacement. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **303**, 1117–1125.
- Bar-Peled, L.; Sabatini, D.M., 2014: Regulation of mTORC1 by amino acids. *Trends in cell Biology* **24**, 400-406.
- Batista, E.; Furlan, A.C.; Marcato, S.M.; Pozza, P.C.; Ton, A.P.S.; Grieser, D.O.; Zancanela, V.; Stanquevis, C.E.; Perine, T.P.; Benites, M.I.; Euzébio, T.C.; Paula, V.R.C., 2016: Valine and isoleucine requirement for meat quails in the period of 1 to 14 days and of 15 to 35 days old. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **68**, 1000-1006.
- Brody, T., 1998: *Nutritional Biochemistry*. Academic Press.

- Burket, J.A.; Benson, A.D.; Tang, A.H.; Deutsch, S.I., 2015: NMDA receptor activation regulates sociability by its effect on mTOR signaling activity. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* **60**, 60-65.
- Chen, X.; Zhang, Q.; Applegate, T.J., 2016: Impact of dietary branched chain amino acids concentration on broiler chicks during aflatoxicosis. *Poultry Science* **95**, 1281-1289.
- Choi, S.; DiSilvio, B.; Fernstrom, M.H.; Fernstrom, J.D., 2013: Oral branched-chain amino acid supplements that reduce brain serotonin during exercise in rats also lower brain catecholamines. *Amino Acids* **45**, 1133-1142.
- D'Mello, J.P.F., 2003: *Amino Acids in Animal Nutrition*. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 544.
- Davis, T.A.; Fiorotto, M.L.; Nguyen, H.V.; Reeds, P.J., 1989: Protein turnover in skeletal muscle of suckling rats. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **257**, 1141-1146.
- DeBerardinis, R.J.; Cheng, T., 2010: Q's next: the diverse functions of glutamine in metabolism, cell biology and cancer. *Oncogene* **29**, 313.
- Deng, H.; Zheng, A.; Liu, G.; Chang, W.; Zhang, S.; Cai, H., 2014: Activation of mammalian target of rapamycin signaling in skeletal muscle of neonatal chicks: Effects of dietary leucine and age. *Poultry Science* **93**, 114-121.
- Everaert, N.; Swennen, Q.; Coustard, S.M.; Willemsen, H.; Careghi, C.; Buyse, J.; Tesseraud, S., 2010: The effect of the protein level in a pre-starter diet on the post-hatch performance and activation of ribosomal protein S6 kinase in muscle of neonatal broilers. *British Journal of Nutrition* **103**, 206-211.
- Farran, M.T.; Thomas, O.P., 1992: Valine deficiency. 1. The effect of feeding a valine-deficient diet during the starter period on performance and feather structure of male broiler chicks. *Poultry Science* **71**, 1879-1884.
- Harper, A.E.; Miller, R.; Block, K.P., 1984: Branched-chain amino acid metabolism. *Annual Review of Nutrition* **4**, 409-454.
- Holecek, M., 2015: Ammonia and amino acid profiles in liver cirrhosis: effects of variables leading to hepatic encephalopathy. *Nutrition* **31**, 14-20.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020: Pesquisa Pecuária Municipal. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74>.
- Laplante, M.; Sabatini, D.M., 2012: mTOR signaling in growth control and disease. *Cell* **149**, 274-293.

- Liang, C.; Curry, B.J.; Brown, P.L.; Zemel, M.B, 2014: Leucine modulates mitochondrial biogenesis and SIRT1-AMPK signaling in C2C12 myotubes. *Journal of Nutrition and Metabolism*.
- Morales, A.; Arce, N.; Cota, M., Buenabad, L.; Avelar, E.; Htoo, J.K.; Cervantes, M., 2016: Effect of dietary excess of branched-chain amino acids on performance and serum concentrations of amino acids in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **100**, 39-45.
- Nelson, D.L.; Cox, M.M., 2018: *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 7 ed. Sarvier. São Paulo.
- O'Connell, T.M., 2013: The complex role of branched chain amino acids in diabetes and cancer. *Metabolites* **3**, 931-945.
- Ospina-Rojas, I.C.; Murakami, A.E.; Duarte, C.R.A.; Nascimento, G.R.; Garcia, E.R.M.; Sakamoto, M.I.; Nunes, R.V., 2016: Leucine and valine supplementation of low-protein diets for broiler chickens from 21 to 42 days of age. *Poultry Science* **96**, 914-922.
- Paula, E.D.; Barreto, S.D.T.; Reis, R.D.S.; Umigi, R.T.; Lima, H.J.D.; Pereira, D.C.O., 2017: Ratio of valine to lysine in diets for laying Japanese quail. *Pubvet* **11**, 306-312.
- Peganova, S.; Eder, K., 2002: Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. *Poultry Science* **81**, 1714-1721.
- Richards, M.P; Proszkowiec-Weglarz, M., 2007: Mechanisms regulating feed intake, energy expenditure, and body weight in poultry. *Poultry Science* **86**, 1478-1490.
- Rogero, M.M.; Tirapegui, J., 2008: Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* **44**, 563-575.
- Salguero, S.; Albino, R.; Rostagno, L., 2014: O futuro do uso de aminoácidos industriais na produção avícola. *Journal of Veterinary Sciences* **30**, 1-5.
- Santos, G.C.D.; Garcia, E.A.; Vieira Filho, J.A.; Molino, A.D.B.; Pelicia, K.; Berto, D.A., 2016: Performance of Japanese quails fed diets with low-protein and isoleucine. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **38**, 219-225.
- Saxton, R.A.; Sabatini, D.M., 2017: mTOR signaling in growth, metabolism, and disease. *Cell* **168**, 960-976.
- Scottá, B.A.; Campos, P.F.; Gomide, A.P.C.; Barroca, C.C.; Formigoni, A.S., 2015: Valina, isoleucina e leucina para aves. *Pubvet* **8**, 1-83.

- Seiliez, I.; Gabillard, J.C.; Skiba-Cassy, S.; Garcia-Serrana, D.; Gutiérrez, J.; Kaushik, S.; Tesseraud, S., 2008: An in vivo and in vitro assessment of TOR signaling cascade in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **295**, 329-335.
- Shimomura, Y.; Harris, R.A., 2006: Metabolism and physiological function of branched-chain amino acids: discussion of session 1. *The Journal of nutrition* **136**, 232-233.
- Soumeh, E.A.; Milgen, J.V.; Sloth, N.M.; Corrent, E.; Poulsen, H.D.; Nørgaard, J.V., 2015: Requirement of standardized ileal digestible valine to lysine ratio for 8-to 14-kg pigs. *Animal* **9**, 1312-1318.
- Suryawan, A.; Davis, T.A., 2011: Regulação da síntese proteica por aminoácidos no músculo de neonatos. *Frontiers in Bioscience: a Journal and Virtual Library* **16**, 1445.
- Tesseraud, S.; Bigot, K.; Taouis, M., 2003: Amino acid availability regulates S6K1 and protein synthesis in avian insulin insensitive QM7 myoblasts. *Febs Letters* **540**, 176-180.
- Tesseraud, S.; Peresson, R.; Chagneau, A.M., 1996: Age-related changes of protein turnover in specific tissues of the chick. *Poultry Science* **75**, 627-631.
- Tsien, C.; Davuluri, G.; Singh, D.; Allawy, A.; Ten Have, G.A.; Thapaliya, S.; Deutz, N. E., 2015: Metabolic and molecular responses to leucine-enriched branched chain amino acid supplementation in the skeletal muscle of alcoholic cirrhosis. *Hepatology* **61**, 2018-2029.
- Viana, G.S.; Barreto, S.L.T.; Muniz, J.C.L.; Arnaut, P.R.; Santana, L.C.; Alves, W.J.; Tizziani, T., 2017: Optimum Dietary Standardized Ileal Digestible Isoleucine to Lysine Ratio for Meat-Type Quails in the Growing-Finishing Phase. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* **19**, 417-420.
- Wang, C.; Guo, F. 2013: Branched chain amino acids and metabolic regulation. *Chinese Science Bulletin* **58**, 1228-1235.
- Wang, X.Q.; Jiang, W.; Tan, H.Z.; Zhang, D.X.; Zhang, H.J.; Wei, S.; Yan, H.C., 2013: Effects of breed and dietary nutrient density on the growth performance, blood metabolite, and genes expression of target of rapamycin (TOR) signalling pathway of female broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **97**, 797-806.
- Wu, G., 2013: *Amino Acids: Biochemistry and Nutrition*. CRC Press. Taylor & Francis Group, London, New York, 118-122.

- Yokota, S.I.; Ando, M.; Nakamura, K.; Shibata, S., 2018: Combined effect of shortened photoperiod and low crude protein diet on liver triglyceride accumulation and lipid-related gene expression in quail. *Livestock Science* **214**, 68-72.
- Yoon, M.S., 2016: The emerging role of branched-chain amino acids in insulin resistance and metabolism. *Nutrients* **8**, 405.
- Zhang, S.; Chu, L.; Qiao, S.; Mao, X.; Zeng, X., 2016: Effects of dietary leucine supplementation in low crude protein diets on performance, nitrogen balance, whole-body protein turnover, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. *Animal Science Journal* **87**, 911-920.

II - OBJETIVOS GERAIS

Determinar a exigência nutricional de leucina, valina e isoleucina digestíveis na fase de crescimento, objetivando o máximo desempenho nas aves. Ao determinar o nível ótimo desses aminoácidos na fase de crescimento, pretende-se maximizar os índices zootécnicos das codornas de postura.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar a exigência nutricional de leucina digestível para codornas japonesas fêmeas na fase de cria (1 a 14 dias de idade) e recria (15 a 42 dias de idade);
- Avaliar a exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de cria (1 a 7 dias de idade);
- Estudar a exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de cria (8 a 14 dias de idade);
- Determinar a exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de recria (15 a 42 dias de idade) e avaliar o desempenho produtivo e qualidade de ovos na fase de postura;
- Estimar a exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de cria (1 a 7 dias de idade);
- Mensurar a exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de cria (8 a 14 dias de idade);
- Delimitar a exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas fêmeas na fase de recria (15 a 42 dias de idade) e avaliar o desempenho produtivo e qualidade de ovos na fase de postura.

1 **III. Exigência nutricional de leucina digestível para codornas japonesas em crescimento**¹

2

3 **Resumo**

4 Objetivou-se neste estudo estimar a exigência nutricional de leucina digestível para codornas
5 japonesas na fase de cria (1 a 14 dias de idade) e recria (15 a 42 dias de idade). Foi avaliado o
6 desempenho produtivo, composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura,
7 energia retida na carcaça, peso relativo de fígado e bioquímica sérica. Foi adotado o delineamento
8 inteiramente ao acaso, com cinco níveis de leucina digestível (1,30; 1,40; 1,50; 1,60 e 1,70%),
9 seis repetições e 25 codornas por unidade experimental (n=750 aves). Entre as variáveis de
10 desempenho produtivo o peso corporal apresentou decréscimo linear aos 14 (P=0,007) e 42 dias
11 de idade (P=0,003) e o ganho de peso no período de 1 a 14 (P=0,0095) e de 15 a 42 dias de idade
12 (P=0,0257), em função dos níveis de leucina digestível. Para as variáveis de composição química
13 corporal a deposição de proteína aos 42 dias de idade apresentou efeito quadrático (P=0,0053),
14 com estimativa de 1,45% de leucina digestível para máxima deposição proteica. O peso relativo
15 do fígado (P=0,0059) aos 42 dias de idade, apresentou aumento linear em relação aos níveis de
16 leucina na dieta. Não houve efeito na bioquímica sérica aos 14 e aos 42 dias de idade. A exigência
17 nutricional de leucina digestível para obtenção do melhor desempenho produtivo de codornas
18 japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo de soja é de 1,30%.

19 **Palavras-chave:** aminoácidos de cadeia ramificada, *coturnix coturnix japonica*, deposição
20 proteica.

21

22

23

24

25

26

27 ¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Livestock Science.

28 **3.1. Introdução**

29 A leucina é um aminoácido considerado essencial e possui propriedades biológicas muito
30 importantes para o metabolismo de nutrientes, como fornecer energia, regular o metabolismo
31 de proteínas, carboidratos e lipídios, ajustar a função imunológica e a origem da tradução do
32 mRNA, afetando diretamente no crescimento animal (Suryawan et al., 2012; Suryawan et al.,
33 2013). Além disso, há indícios de que a leucina pode desempenhar papel regulador na redução
34 de gordura (Zhang et al., 2007; Duan et al., (2015).

35 A cadeia lateral da leucina é ramificada, assim como a valina e isoleucina, e a interação
36 entre esses três aminoácidos têm sido de particular preocupação pela semelhança de suas
37 estruturas e vias catabólicas, podendo causar antagonismo entre eles. A principal teoria é de
38 que dietas que contenham excesso de leucina diminuam os níveis de valina e isoleucina livres
39 em decorrência do aumento da oxidação de aminoácidos de cadeia ramificada, estimulando a
40 síntese e inibindo a degradação proteica (Shimomura e Harris, 2006).

41 Em comparação com a valina e isoleucina, a leucina está presente em maiores
42 quantidades nos cereais e ingredientes, geralmente utilizados nas rações para aves. A soja, o
43 principal alimento proteico utilizado nas rações possui baixos teores de valina e isoleucina
44 (1,95 e 1,89%) quando comparados com leucina (3,13%) (Rostagno et al., 2017). Dietas com
45 valores reduzidos de proteína bruta diminuem a inclusão de fontes proteicas e muitas vezes
46 acabam aumentando a inclusão de cereais com alto valor de leucina, por isso, o efeito
47 antagônico da leucina em relação aos outros aminoácidos de cadeia ramificada pode ser mais
48 evidente em aves que recebem dietas com baixo teor de proteína (Ospina-Rojas et al., 2020).

49 Sabendo que o excesso de leucina pode causar alterações metabólicas em frangos de
50 corte, poedeiras e até codornas de corte, faz-se necessário mais estudos em codornas de
51 postura, no entanto, poucos estudos foram focados em determinar as exigências de leucina
52 para codornas japonesas, principalmente em fase de crescimento. Diante disso, o objetivo
53 deste trabalho foi determinar o melhor nível de leucina digestível para codornas japonesas em
54 crescimento.

55

56 3.2. Material e métodos

57 O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de
58 Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá, segundo as diretrizes do comitê de ética e bem-
59 estar animal (6329180919).

60

61 3.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental

62 Foram utilizadas 750 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 1 dia de idade,
63 fêmeas, obtidas de um criatório comercial (linhagem Vicami). As aves foram alojadas em boxes
64 de 2,5 m² em um galpão convencional com cama de casca de arroz forrada com papel corrugado
65 até o sétimo dia de idade. Ração e a água foram fornecidas *ad libitum* em comedouros do tipo
66 bandeja e bebedouros tipo copo de pressão infantil até os 14 dias de idade, sendo substituídos por
67 comedouros tubulares e bebedouros pendulares com 15 dias de idade. Em cada unidade
68 experimental (box) foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas com lâmpadas
69 incandescentes como fonte de aquecimento até o 14º dia de idade. O programa de iluminação foi
70 através de luz artificial por 24 horas até 14 dias de idade e por meio de luz natural dos 15 aos 42
71 dias de idade.

72 Os dados de temperatura ambiente (T°) e umidade relativa do ar foram coletados no início
73 da manhã (8h00min) e, à tarde (15h30min), durante todo período experimental, por intermédio
74 de termo-higrômetros, tendo a média de máxima e mínima no experimento I de 37- 20°C e 52-
75 23%, no experimento II de 32 - 16°C e 78- 39%.

76 As codornas foram distribuídas em 30 boxes em um delineamento inteiramente ao acaso
77 com cinco tratamentos, seis repetições e 25 aves/unidade experimental. Os tratamentos foram
78 cinco níveis de leucina digestível (1,30; 1,40; 1,50; 1,60 e 1,70%) em substituição ao ácido
79 glutâmico para tornar as rações isoproteicas. Todas as rações tiveram como base milho e farelo
80 de soja, levando em consideração os valores de composição química dos alimentos propostos por
81 Rostagno et al., (2017), exceto para os valores do milho e farelo de soja, que foram previamente
82 determinados em laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) e para atender às
83 exigências nutricionais das codornas, foram adotadas as recomendações preconizadas por

84 Rostagno et al., (2017) para as codornas japonesas em fase de cria (tabela 1) e recria (tabela 2),
85 exceto para leucina digestível e proteína bruta.

86

87 3.2.2. *Desempenho produtivo*

88 As codornas e as rações foram pesadas aos 14 e aos 42 dias de idade para determinação
89 do respectivo peso corporal (g), consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar
90 (g/g).

91

92 3.2.3. *Composição química corporal*

93 Para a determinação da composição química corporal, foram utilizadas quatro aves aos
94 14 dias de idade e duas aves aos 42 dias de idade, por unidade experimental, utilizando a
95 metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016). As aves selecionadas foram submetidas
96 a jejum alimentar de cinco horas, insensibilizadas, abatidas, moídas, feito um pool das quatro aves
97 por unidade experimental e congeladas para posterior realização das análises laboratoriais em
98 triplicata dos teores de matéria seca, de matéria mineral, de proteína bruta, de extrato etéreo e de
99 energia bruta, de acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005). Para a determinação
100 da taxa de deposição de proteína e gordura corporal (g/dia), e energia retida na carcaça (kcal/dia),
101 foi utilizada a metodologia descrita por Fraga et al. (2008).

102

103 3.2.4. *Peso relativo de fígado*

104 Foram sacrificadas duas aves por unidade experimental (12 aves por tratamento) aos 14
105 e 42 dias de idade para a pesagem do fígado.

106

107 3.2.5. *Bioquímica sérica*

108 Aos 14 e aos 42 dias de idade, foram colhidas amostras de sangue por punção da veia
109 braquial de quatro aves por unidade experimental e feito um pool das amostras que foram
110 mantidas centrifugadas a 3000 RPM durante 10 minutos, sendo o soro armazenado a -80°C para
111 posterior avaliação em triplicata das concentrações séricas de triglicérides, ácido úrico, albumina,

112 proteínas totais e glicose, analisadas mediante o uso de kits comerciais (Gold Analisa Ltda, Belo
113 Horizonte, Minas Gerais, Brasil), de acordo com os procedimentos descritos por Tietz (1986).

114

115 3.2.6. *Análise estatística*

116 A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o “Sistema SAS para Windows”
117 (Sistema de Análise Estatística). Para o teste dos efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo
118 descrito abaixo, e, em seguida, foi verificado o atendimento da normalidade dos resíduos pelo
119 teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

$$120 Y_{ik} = \beta_0 + Leu_i + \epsilon_{ik}$$

121 em que:

122 Y_{ik} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o

123 nível i de leucina digestível;

124 β_0 = constante geral;

125 Leu_i = efeito dos níveis da leucina digestível;

126 ϵ_{ik} = erro aleatório associado a cada observação.

127 Foram realizadas as análises de regressão dos níveis de leucina digestível e as estimativas
128 das exigências nutricionais foram determinadas através do modelo quadrático de acordo com
129 Sakomura e Rostagno (2016).

130

131 **3.3. Resultados**

132 *Desempenho produtivo no crescimento*

133 Verificou-se redução linear em função dos níveis de leucina digestível (Tabela 3) para
134 peso corporal aos 14 (P=0,007) e 42 dias de idade (P=0,003), e para ganho de peso de 1 a 14
135 (P=0,0095) e 15 a 42 dias de idade (P=0,0257). O consumo de ração e conversão alimentar não
136 foram influenciados estatisticamente (P>0,05) no período avaliado.

137

138 *Composição química corporal*

139 A taxa de deposição de proteína de 15 a 42 dias de idade apresentou efeito quadrático
140 ($P=0,0053$), estimando 1,45% de leucina digestível para maior deposição de proteína. As demais
141 variáveis não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis de leucina digestível no período avaliado
142 (Tabela 4).

143

144 *Bioquímica sérica e peso relativo de fígado*

145 Os níveis de leucina digestível não influenciaram ($P>0,05$) os perfis bioquímicos de
146 glicose, triglicérides, albumina, proteínas totais e ácido úrico nas avaliações de 1 a 14 e de 15 a
147 42 dias de idade (Tabela 5). O peso relativo de fígado apresentou aumento linear crescente
148 ($P=0,0059$) em relação aos níveis de leucina na dieta no período de 15 a 42 dias de idade.

149

150 **3.4. Discussão**

151 Apesar da leucina ter como principal função estimular a síntese proteica, os resultados
152 deste experimento demonstraram menor peso corporal e ganho de peso com o aumento dos níveis
153 de leucina digestível na dieta nas fases de cria e recria. Os aminoácidos de cadeia ramificada, por
154 serem estruturalmente semelhantes, têm uma rota metabólica comum, compartilhando os mesmos
155 sistemas de transporte através da membrana celular e usando as mesmas enzimas para sua
156 degradação (Harper et al., 1984). Por este motivo, estudos demonstram que principalmente o
157 excesso de leucina na dieta deprime o uso de valina e isoleucina pelos animais, diminuindo seu
158 desempenho (D’Mello, 2003), podendo explicar os resultados obtidos neste estudo, em que houve
159 aumento da relação leucina/valina de 1,45 para 1,89 e da relação leucina/isoleucina de 1,85 para
160 2,43.

161 Apesar da leucina ser considerada a mais eficaz na estimulação da síntese de proteínas
162 musculares entre os três aminoácidos de cadeia ramificada (Suryawan et al., 2008), o excesso de
163 leucina na dieta pode causar efeito contrário pois acarreta menor absorção e maior degradação da
164 valina e isoleucina, diminuindo os níveis séricos destes aminoácidos no sangue; podendo ainda
165 induzir a diminuição de outros aminoácidos no cérebro (Choi et al., 2013). De acordo com

166 Soumei et al., (2015) e Morales et al., (2016), esse antagonismo pode ser atenuado com o aumento
167 dietético dos aminoácidos valina e isoleucina.

168 Por outro lado, as análises de composição química corporal apresentaram efeito
169 quadrático para a taxa de deposição de proteína aos 42 dias de idade, indicando a estimativa de
170 1,45% de leucina digestível para maior deposição de proteína corroborando que níveis altos de
171 leucina podem ter reduzido a disponibilidade sanguínea de outros aminoácidos e limitado a síntese
172 proteica (Brosnan e Brosnan, 2006). Lembrando que a proteína está presente não só como
173 músculos nas aves, mas também no tecido conjuntivo, colágeno, pele, unha, pena e bico, além de
174 atuar na formação de hormônios, enzimas e ovos (Leeson e Summers, 2005; Bertechini, 2006).
175 Por isso, é muito importante que as aves terminem a fase de crescimento com reservas suficientes
176 para manter nível elevado de produção de ovos, além do que aves abaixo do peso ideal produzirão
177 ovos pequenos.

178 A leucina é metabolizada exclusivamente no músculo, uma vez que a aminotransferase
179 para esse aminoácido não está presente no fígado, apenas no músculo (Nelson e Cox, 2018).
180 Porém, quando há excesso ou desbalanço dos aminoácidos de cadeia ramificada há aumento da
181 atividade do complexo enzimático desidrogenase dos α -cetoácidos de cadeia ramificada no tecido
182 hepático e a estimulação do catabolismo dos aminoácidos de cadeia ramificada pelo excesso de
183 leucina aumenta a síntese de corpos cetônicos no fígado (Shimomura e Harris, 2006). O estudo
184 não demonstrou diferença entre os tratamentos para o peso relativo de fígado, sendo interessante
185 nesse caso a realização de análises histológicas para avaliar a deposição de gordura no órgão.

186 Apesar de não haver muitas referências sobre o perfil bioquímico do sangue de codornas,
187 pode-se notar alterações ou desbalanço através dessas análises, o que não foi o caso do presente
188 estudo, considerando que todas as aves se encontravam no mesmo estado fisiológico e criadas
189 sob as mesmas condições, só variando as dietas. Quando há desbalanço entre aminoácidos ou
190 excesso de proteína na dieta, por exemplo, os aminoácidos tendem a aumentar na corrente
191 sanguínea, desviando energia do animal para a excreção na forma de ácido úrico (Aletor et al.,
192 2000).

193 São necessários mais estudos desse antagonismo com codornas japonesas, porém fica
194 claro com os resultados do presente estudo, que não somente a falta de aminoácidos leva a
195 prejuízos no desempenho, como também o excesso destes pode provocar algum desbalanço
196 aminoacídico, levando a resultados não satisfatórios.

197 A exigência nutricional de leucina digestível para obtenção do melhor desempenho
198 produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo de soja é de
199 1,30%, correspondente a 76 mg/ave/dia para codornas de 1 a 14 dias de idade e de 225 mg/ave/dia
200 para codornas de 15 a 42 dias de idade.

201

202 **3.5. Referências**

203 Aletor, V.A., Hamid, I.I., Niess, E., Pifeffer, E., 2000. Low-protein amino acid-supplemented
204 diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics, whole body
205 composition and efficiencies nutrient utilization. *Journal Science Food Agriculture*. 80,
206 547-554.

207 AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. *Official methods of analysis*, 16th
208 ed. Arlington.

209 AVES (Associação Dos Avicultores Do Estado Do Espírito Santo), 2021. *Perfil da avicultura*
210 capixaba. <https://www.associacoes.org.br/aves/perfil-da-avicultura>. (Acesso em: 05
211 dezembros 2021).

212 Bertechini, A., 2006. *Nutrição de monogástricos*, Lavras, MG: ed.

213 Brosnan, J.T, Brosnan, M.E., 2006. Branched-chain amino acids: enzyme and substrate
214 regulation. *The Journal of Nutrition* , 136, 207-211.

215 Choi, S., Disilvio, B., Fernstrom, M. H., Fernstrom, J. D., 2013. Oral branched-chain amino acid
216 supplements that reduce brain serotonin during exercise in rats also lower brain
217 catecholamines. *Amino acids*. 45, 1133-1142.

218 D'mello, J.P.F., 2003. Adverse effects of amino acid. p. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.), *Amino*
219 *acids in animal nutrition*. 2. ed. Edinburgh: CABI Publishing.

- 220 Duan, Y., Li, F., Liu, H., Li, Y., Liu, Y., Kong, X., Yin, Y., 2015. Nutritional and regulatory roles
221 of leucine in muscle growth and fat reduction. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 20, 796-813.
- 222 Fraga, A.L, Moreira, I., Furlan, A.C, Bastos, A.O, Oliveira, R.P.D, Murakami, A.E.,
223 2008. Exigência de lisina para suínos machos castrados de dois grupos genéticos
224 alimentados com dietas com baixo teor de proteína bruta. *Arquivos Brasileiros de Biologia
225 e Tecnologia*. 51, 49-56.
- 226 Harper, A.E., Miller, R., Block, K.P., 1984. Branched-chain amino acid metabolism. *Annual
227 review of nutrition*. 4, 409-454.
- 228 Leeson, S., Summers, J.D., 2005. *Nutrition of the chicken*. 3ª edição. University Books, Guelph,
229 Ontário, Canadá.
- 230 Morales, A., Arce, N., Cota, M., Buenabad, L., Avelar, E., Htoo, J. K., Cervantes, M., 2016. Effect
231 of dietary excess of branched-chain amino acids on performance and serum concentrations
232 of amino acids in growing pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 100,
233 39-45.
- 234 Nelson, D.L., Cox, M.M., 2018. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 7 ed. Sarvier. São Paulo.
- 235 Ospina-Rojas, I.C, Pozza, P.C, Rodrigueiro, R.J.B, Gasparino, E., Khatlab, A.S, Murakami, A.E.,
236 2020. High leucine levels affecting valine and isoleucine recommendations in low-protein
237 diets for broiler chickens. *Poultry Science*, 99, 5946-5959.
- 238 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo, F.G.,
239 Saraiva, A., Teixeira, M.L., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L.T., Brito, C.O.,
240 2017. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências
241 nutricionais*. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- 242 Sakomura, N.K., Rostagno, H.S., 2016. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 2.
243 Ed. Jaboticabal, SP: Funep. 262.
- 244 Shimomura, Y., Harris, R.A., 2006. Metabolism and physiological function of branched-chain
245 amino acids: discussion of session 1. *Journal Nutrition*, 136, 232-233.
- 246 Soumeh, E.A., Van Milgen, J., Sloth, N.M., 2015. Requirement of standardized ileal digestible
247 valine to lysine ratio for 8-to 14-kg pigs. *Animal*, 9, 1312-1318.

- 248 Suryawan, A., Nguyen, H.V., Almonaci, R.D., Davis, T.A., 2012. Differential regulation of
249 protein synthesis in skeletal muscle and liver of neonatal pigs by leucine through an
250 mTORC1-dependent pathway. *Journal of animal science and biotechnology*, 3, 1-10.
- 251 Suryawan, A., Nguyen, H.V., Almonaci, R.D., Davis, T.A., 2013. Abundance of amino acid
252 transporters involved in mTORC1 activation in skeletal muscle of neonatal pigs is
253 developmentally regulated. *Amino Acids*, 45, 523-530.
- 254 Suryawan, A., Jeyapalan, A.S., Orellana, R.A., Wilson, F.A., Nguyen, H.V., Davis, T.A., 2008.
255 Leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of neonatal pigs by enhancing
256 mTORC1 activation. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*,
257 295, 868-875.
- 258 Tietz, N.W., 1986. *Fundamentals of clinical chemistry*. Page 1,186 in *Clinical Chemistry*. WB
259 Saunders Co., Philadelphia, PA.
- 260 Zhang, Y., Guo, K., LeBlanc, R.E., Loh, D., Schwartz, G.J., Yu, Y.H., 2007. Increasing dietary
261 leucine intake reduces diet-induced obesity and improves glucose and cholesterol
262 metabolism in mice via multimechanisms. *Diabetes*, 56, 1647-1654.
- 263
- 264
- 265
- 266
- 267
- 268
- 269
- 270
- 271
- 272
- 273
- 274
- 275

276 **Tabela 1** Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais para
 277 *codornas japonesas na fase de cria (1 a 14 dias de idade).*

Ingredientes (%)	Níveis de leucina digestível (%)				
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70
Milho grão (7,8%)	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118
Farelo soja (45%)	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215
Farelo trigo (15%)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162
Calcário	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240
Inerte ¹	0,680	0,721	0,764	0,805	0,846
Sal comum	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486
Supl. Min. e Vit. ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Óleo de Soja	0,300	0,271	0,241	0,212	0,183
L-Ácido glutâmico	0,500	0,387	0,274	0,162	0,049
L-Lisina HCL	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
L-Fenilalanina	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370
DL- Metionina	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
L-Valina	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
L-Arginina	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
L-Treonina	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Isoleucina	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
L-Triptofano	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
L-Leucina	0,000	0,101	0,201	0,302	0,402
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada					
Proteína Bruta (%)	17,646	17,646	17,646	17,646	17,646
EM ⁴ (Mcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
Fósforo disp (%)	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Lisina dig (%)	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Met + Cist dig (%)	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744
Treonina dig (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Triptofano dig (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Valina dig (%)	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898
Leucina dig (%)	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700
Isoleucina dig (%)	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
Arginina dig (%)	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182
Histidina dig (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389
Fenil + Tir dig (%)	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598
Sódio (%)	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
BED ⁵ (mEq/kg)	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270

¹Areia lavada; ²Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg; Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ⁴EM: energia metabolizável. ⁵Balanço eletrolítico da Dieta.

278 **Tabela 2** Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais para
 279 *codornas japonesas na fase de recria (15 a 42 dias de idade).*

Ingredientes (%)	Níveis de leucina digestível (%)				
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70
Milho grão (7,8%)	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547
Farelo soja (45%)	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090
Farelo trigo (15%)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702
Calcário	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060
Inerte ¹	1,237	1,278	1,321	1,362	1,403
L-Ácido glutâmico	0,500	0,387	0,274	0,162	0,049
Sal comum	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509
L-Lisina HCL	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345
Supl. Min. e Vit. ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Fenilalanina	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281
Óleo de Soja	0,300	0,271	0,241	0,212	0,183
DL- Metionina	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
L-Valina	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243
L-Arginina	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156
L-Treonina	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
L-Isoleucina	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
L-Triptofano	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Leucina	0,000	0,101	0,201	0,302	0,402
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada					
Proteína Bruta (%)	17,355	17,355	17,355	17,355	17,355
EM ⁴ (Mcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911
Fósforo disp (%)	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428
Lisina dig (%)	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034
Met + Cist dig (%)	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Treonina dig (%)	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
Triptofano dig (%)	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196
Valina dig (%)	0,889	0,889	0,889	0,889	0,889
Leucina dig (%)	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700
Isoleucina dig (%)	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
Arginina dig (%)	1,096	1,096	1,096	1,096	1,096
Histidina dig (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389
Fenil + Tir dig (%)	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509
Sódio (%)	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
BED ⁵ (mEq/kg)	158,05	158,05	158,05	158,05	158,05

¹Areia lavada; ² Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg; Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ⁴EM: energia metabolizável. ⁵Balço eletrolítico da Dieta.

280

281

282

Tabela 3 Desempenho produtivo de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível.

Variáveis	Níveis de leucina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70			
1 - 14 dias de idade								
PC (g) (14 dias)	43,88	43,46	42,05	41,98	41,55	0,17	L	0,0007
GP (g) (1 a 14 dias)	36,51	36,04	34,77	34,59	34,82	0,14	L	0,0003
CR (g/ave ⁻¹) (1 a 14 dias)	81,75	83,53	78,72	82,63	81,58	0,30	NS	0,2001
CA (g/g ⁻¹) (1 a 14 dias)	2,24	2,35	2,30	2,36	2,28	0,01	NS	0,2957
15 - 42 dias de idade								
PC (g) (42 dias)	123,04	122,72	121,49	121,00	120,73	0,17	L	0,0095
GP (g) (14 a 42 dias)	78,33	77,83	77,25	77,04	76,64	0,11	L	0,0257
CR (g/ave ⁻¹) (15 a 42 dias)	452,95	468,15	478,28	513,23	511,79	4,38	NS	0,6713
CA (g/g ⁻¹) (15 a 42 dias)	5,86	5,87	6,11	6,57	6,75	0,07	NS	0,4760
Equações de regressão					R ²			
PC 14 dias = 52.13015 - 6.38202x					0,90			
GP 1 a 14 dias = 44.47772 - 6.17416x					0,77			
PC 42 dias = 131.87704 - 6.65926x					0,94			
GP 15 a 42 dias = 86.99802 - 6.57284x					0,97			

EPM: erro padrão da média; PC: peso corporal; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração diário; CA: conversão alimentar; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo.

283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299

Tabela 4 Composição corporal, taxa de deposição de gordura e de proteína e energia retida na carcaça de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível.

Variáveis	Níveis de leucina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70			
1 - 14 dias de idade								
Água (%)	72,14	72,02	71,40	72,33	72,55	0,078	NS	0,0709
Matéria mineral (%)	9,38	9,86	9,59	9,85	10,11	0,050	NS	0,7078
Extrato etéreo (%)	16,09	16,27	15,88	17,08	16,54	0,083	NS	0,9221
Proteína bruta (%)	63,97	64,40	64,88	64,27	65,03	0,078	NS	0,7733
TDG (g/dia)	0,38	0,37	0,35	0,39	0,40	0,004	NS	0,5236
TDP (g/dia)	1,71	1,64	1,60	1,58	1,62	0,009	NS	0,0564
ERC (kcal/dia)	13,14	12,78	12,33	12,81	12,41	0,059	NS	0,1241
15 - 42 dias de idade								
Água (%)	69,68	69,98	69,66	69,29	69,50	0,041	NS	0,5064
Matéria mineral (%)	10,07	10,74	10,89	10,15	10,24	0,061	NS	0,1947
Extrato etéreo (%)	11,92	12,61	11,35	11,17	11,32	0,097	NS	0,1936
Proteína bruta (%)	65,84	66,62	65,96	65,14	64,64	0,125	NS	0,1455
TDG (g/dia)	0,26	0,26	0,24	0,24	0,29	0,003	NS	0,3904
TDP (g/dia)	1,85	1,90	1,84	1,82	1,76	0,008	Q	0,0053
ERC (kcal/dia)	12,89	13,48	12,66	12,65	11,87	0,095	NS	0,3354
Equações de regressão					R ²	Estimativa LD (%)		
TDP 15 a 42 dias = -6.22691 +11.28973x - 3.90255x ²					0,88	1,45		

LD: leucina digestível; EPM: erro padrão da média; TDG: taxa de deposição de gordura; TDP: taxa de deposição de proteína; ERC: energia retida na carcaça; Q: efeito quadrático; NS: não significativo.

300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315

Tabela 5 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade suplementadas com níveis crescentes de leucina digestível.

Variáveis	Níveis de leucina digestível (%)					EPM	Efeito	P-valor
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70			
1 - 14 dias de idade								
Ácido úrico (mg/dL)	337,00	364,00	351,20	378,70	458,50	7,779	NS	0,1763
Albumina (mg/dL)	13,60	16,63	15,28	15,96	13,72	0,220	NS	0,2716
Glicose (mg/dL)	0,97	0,93	1,07	1,09	1,07	0,012	NS	0,4877
Proteínas totais (mg/dL)	2,87	2,70	2,88	2,87	2,90	0,014	NS	0,2512
Triglicerídeos (mg/dL)	2,09	2,19	2,12	2,36	2,29	0,019	NS	0,3643
Peso relativo fígado (%)	3,79	3,85	3,65	3,70	3,51	0,022	NS	0,2804
15 - 42 dias de idade								
Ácido úrico (mg/dL)	417,88	338,52	375,49	313,18	482,13	10,931	NS	0,2733
Albumina (mg/dL)	15,16	18,55	18,01	18,51	15,38	0,278	NS	0,5471
Glicose (mg/dL)	1,03	1,00	1,18	1,13	1,15	0,013	NS	0,1899
Proteínas totais (mg/dL)	2,60	2,23	2,66	2,68	2,55	0,030	NS	0,2340
Triglicerídeos (mg/dL)	2,15	2,46	1,99	2,59	2,12	0,041	NS	0,3764
Peso relativo fígado (%)	1,86	2,02	2,17	2,06	2,29	0,027	L	0,0059
Equações de regressão						R ²		
Peso relativo de fígado 42 dias =	0.718883 + 0.90833x					0,77		

EPM: erro padrão da média; L: efeito linear; NS: não significativo.

316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331

332 **IV. Exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em fase de**
333 **crescimento¹**

334

335 **Resumo**

336 Objetivou-se neste estudo avaliar níveis de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas
337 em crescimento 1 a 7 (experimento I), 8 a 14 (experimento II), 15 a 42 (experimento III) e 43 a
338 134 dias de idade (experimento IV)) sobre o desempenho produtivo, peso relativo de fígado,
339 bioquímica sérica e qualidade de ovos. Foi adotado o delineamento inteiramente ao acaso em
340 todos os experimentos. Nos experimentos I, II e III foram utilizadas 1000 codornas em cada
341 experimento, sendo oito tratamentos em esquema fatorial 2x4 com dois níveis de leucina
342 digestível (1,30 e 1,70%) e quatro níveis de valina digestível (0,75; 0,85; 0,95 e 1,05%), com
343 cinco repetições e 25 codornas por unidade experimental. No experimento IV, foram transferidas
344 seis aves do experimento III para gaiolas de postura mantendo as unidades experimentais, a fim
345 de avaliar possíveis efeitos residuais do experimento III, para isso, todas as aves receberam uma
346 dieta referência no experimento IV. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de
347 desempenho produtivo, peso relativo de fígado e bioquímica sérica nos experimentos I, II e III.
348 Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade de ovos
349 no experimento IV. A exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para obtenção do
350 melhor desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho
351 e farelo de soja é de 1,30% e 0,75%, respectivamente.

352 **Palavras-chave:** antagonismo, efeito residual, qualidade de ovos, produção de ovos.

353

354

355

356

357

358

359 ¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Livestock Science.

360 **4.1. Introdução**

361 A valina é um aminoácido essencial para aves e pertence ao grupo dos aminoácidos de
362 cadeia ramificada juntamente com a leucina e isoleucina. Em dietas compostas principalmente
363 por milho e farelo de soja a valina é potencialmente limitante, o que é mais evidente em aves com
364 idades mais elevadas devido a proteína da dieta diminuir e aumentar a contribuição do milho
365 como fonte energética nas rações (Pires et al., 2006). Outro fator a ser levado em consideração é
366 a quantidade relativamente baixa de valina e isoleucina na proteína do milho quando comparado
367 ao elevado nível de leucina, podendo causar antagonismo entre os aminoácidos de cadeia
368 ramificada.

369 O antagonismo entre leucina, valina e isoleucina acontece por serem semelhantes
370 estruturalmente e compartilharem sistemas comuns de transporte e catabolismo (Zhang et al.,
371 2016), principalmente quando há excesso de leucina na dieta que acarreta menor absorção e maior
372 degradação da valina e isoleucina, diminuindo os níveis séricos destes aminoácidos no sangue;
373 entretanto, o aumento dietético dos aminoácidos valina e isoleucina parece atenuar este
374 antagonismo de acordo com alguns autores (Soumei et al., 2015; Morales et al., 2016). Além de
375 similares na estrutura, os aminoácidos de cadeia ramificada possuem funções fisiológicas
376 semelhantes, dentre elas encontra-se a regulação da tradução e início da síntese de proteína
377 (Shimomura e Harris, 2006), reparação e crescimento dos tecidos e manutenção do equilíbrio do
378 nitrogênio no corpo (Gore e Wolfe, 3002), sendo indispensáveis para adequado crescimento e
379 conversão alimentar (Corzo et al., 2008).

380 Já faz alguns anos que a L-valina deixou de atender somente a alimentação humana e
381 passou a ser produzida em maior escala, tornando-se um alimento feed grade, fabricado em maior
382 escala (Ajinomoto, 2010) e possibilitando dessa maneira a sua utilização na nutrição avícola, bem
383 como pesquisas utilizando níveis desse aminoácido, avaliando não somente a determinação das
384 exigências, mas também, os efeitos que os diferentes níveis e interações dos aminoácidos de
385 cadeia ramificada podem ter sobre os parâmetros produtivos, principalmente quando há elevado
386 teor de leucina na dieta. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar o melhor nível de
387 leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em crescimento.

388 4.2. Material e métodos

389 O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de
390 Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá segundo as diretrizes do comitê de ética e bem-
391 estar animal (6329180919).

392

393 4.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental

394 Foram utilizadas 3000 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, obtidas de
395 um criatório comercial (linhagem Vicami). As aves foram alojadas em boxes de 2,5 m² em um
396 galpão convencional com cama de casca de arroz forrada com papel corrugado até o sétimo dia
397 de idade. Ração e a água foram fornecidas *ad libitum* em comedouros do tipo bandeja e
398 bebedouros tipo copo de pressão infantil até os 14 dias de idade, sendo substituídos por
399 comedouros tubulares e bebedouros pendulares com 15 dias de idade. Em cada unidade
400 experimental (box) foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas com lâmpadas
401 incandescentes como fonte de aquecimento até o 14º dia de idade. O programa de iluminação foi
402 através de luz artificial por 24 horas até 14 dias de idade e por meio de luz natural dos 15 aos 42
403 dias de idade. Aos 43 dias de idade as aves foram transferidas para gaiolas de um galpão de
404 produção e o fotoperíodo adotado iniciou com 14 horas de luz e, semanalmente, foram
405 adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz natural mais artificial controlado com o auxílio
406 de timer automático.

407 Os dados de temperatura ambiente (T°) e umidade relativa do ar foram coletados no início
408 da manhã (8h00min) e, à tarde (15h30min), durante todo período experimental, por intermédio
409 de termo-higrômetros, tendo a média de máxima e mínima no experimento I de 36- 20°C e 67- 33
410 %, no experimento II de 35 - 20°C e 52- 44%, no experimento III de 35 - 20°C e 53 - 34 % e no
411 experimento IV de 34 - 20°C e 76 – 41 %.

412 Foram realizados quatro experimentos, sendo o experimento I no período de 1 a 7 dias de
413 idade, o experimento II no período de 8 a 14 dias idade, o experimento III no período de 15 a 42
414 dias de idade e o experimento IV no período de 43 a 145 dias de idade (para avaliar o efeito
415 residual das dietas ofertadas no experimento III). As codornas utilizadas no experimento II e III

416 foram criadas convencionalmente recebendo ração referência conforme as exigências propostas
417 por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1) até o início do período experimental, aos 8 e aos 14 dias de
418 idade, respectivamente.

419 Nos experimentos I, II e III, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em
420 esquema fatorial 2 x 4 (níveis de leucina digestível 1,30 e 1,70% x níveis de valina digestível
421 0,75; 0,85; 0,95 e 1,05%) com oito tratamentos, cinco repetições e 25 codornas por unidade
422 experimental, totalizando 1000 aves em cada experimento (I, II e III). Para o experimento IV, aos
423 43 dias, foram selecionadas seis aves por unidade experimental (totalizando 240 aves), utilizadas
424 no experimento III para serem realojadas em gaiolas de postura, com o objetivo de avaliar o efeito
425 residual dos tratamentos recebidos na recria sobre a fase de produção (43 a 145 dias de idade –
426 experimento IV), sendo que durante este período as aves receberam ração convencional de acordo
427 com exigências propostas por Rostagno et al., (2017) para codornas japonesas em produção
428 (Tabela 1).

429 Na formulação das rações experimentais de cria (Tabela 2) e recria (Tabela 4), foram
430 considerados os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al.,
431 (2017), exceto para os valores do milho e farelo de soja, que foram previamente determinados em
432 laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) e para atender às exigências nutricionais
433 das codornas foram adotadas as recomendações preconizadas por Rostagno et al., (2017) para as
434 codornas japonesas em fase de cria (Tabela 3) e recria (Tabela 5), exceto para leucina digestível
435 e proteína bruta.

436

437 4.2.2. *Desempenho produtivo*

438 Nos experimentos I, II e III, as codornas e as rações foram pesadas aos 7, aos 14 e aos 42
439 dias de idade, respectivamente para determinação do peso corporal (g), do consumo de ração (g),
440 do ganho de peso (g) e da conversão alimentar (g/g).

441 No experimento IV, a partir do 50º dia, durante três ciclos de produção, que compreendiam
442 28 dias cada, os ovos foram coletados diariamente (8h00), a fim de se calcular a taxa de postura
443 (%) e a produção de massa de ovos (g ovos/ave dia). Os ovos quebrados, trincados e de casca

444 mole eram contabilizados separadamente. O peso médio do ovo foi determinado a partir de todos
445 os ovos viáveis nos três últimos dias de cada ciclo. Já as codornas e as rações foram pesadas no
446 último dia de cada ciclo para determinação do respectivo peso corporal (g), do consumo de ração
447 (g), e da conversão alimentar por massa de ovos (g/g ovos ave dia), por kg de ovos (kg/kg ovos)
448 e por dúzia de ovos (g/dúzia ovos). As aves mortas eram contabilizadas diariamente para correção
449 do consumo de ração.

450

451 4.2.3. *Peso relativo de fígado*

452 Foram sacrificadas duas aves por unidade experimental (10 aves por tratamento) aos 7,
453 aos 14 e aos 42 dias de idade. As aves foram insensibilizadas via intravenosa pelo barbitúrico
454 tiopental, em seguida foram sacrificadas por deslocamento cervical, feita a evisceração e pesagem
455 do fígado.

456

457 4.2.4. *Bioquímica sérica*

458 Aos 7, aos 14 e aos 42 dias de idade, foram colhidas amostras de sangue por punção da
459 veia braquial de quatro aves por unidade experimental e feito um pool das amostras que foram
460 mantidas centrifugadas a 3000 RPM durante 10 minutos, sendo o soro armazenado a -80°C para
461 posterior avaliação em triplicata das concentrações séricas de triglicérides, ácido úrico, albumina,
462 proteínas totais e glicose, analisadas mediante o uso de kits comerciais (Gold Analisa Ltda, Belo
463 Horizonte, Minas Gerais, Brasil), de acordo com os procedimentos descritos por Tietz (1986).

464

465 4.2.5. *Qualidade dos ovos*

466 Nos três últimos dias de cada ciclo do experimento IV, também foram realizadas as análises
467 de qualidade interna e externa dos ovos. A gravidade específica foi obtida através da metodologia
468 descrita por Hamilton (1982). Para as demais análises de qualidade, três ovos dentro do peso
469 médio da unidade experimental foram identificados e avaliados o índice de gema, a unidade
470 Haugh (Haugh, 1937), porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo e o

471 peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado, utilizando a fórmula adaptada
 472 por Rodrigues et al. (1996).

473

474 4.2.6. *Análise estatística*

475 A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o “Sistema SAS para Windows”
 476 (Sistema de Análise Estatística). Para o teste dos efeitos ($P < 0,05$) foi adotado o modelo abaixo
 477 descrito, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

478

$$479 Y_{ijk} = \beta_0 + Leu_i + Val_j + LeuVal_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

480 em que:

481 Y_{ijk} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de
 482 leucina digestível e o nível j de valina digestível;

483 β_0 = constante geral;

484 Leu_i = efeito dos níveis de leucina digestível;

485 Val_j = efeito dos níveis de valina digestível;

486 $LeuVal_{ij}$ = efeito da interação entre leucina e valina digestíveis;

487 ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

488 Havendo efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$), procedeu-se às análises de regressão
 489 polinomial para os níveis de leucina e valina digestíveis, buscando estimar o modelo de melhor
 490 ajuste aos dados.

491

492 **4.3. Resultados**

493 *Desempenho produtivo no crescimento*

494 Não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de leucina e valina digestíveis (Tabela 6)
 495 sobre o peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar em nenhuma das
 496 fases avaliadas.

497

498 *Bioquímica sérica e peso relativo de fígado*

499 Não houve efeito ($P>0,05$) para os teores de ácido úrico, albumina, glicose, proteínas
500 totais e triglicérides das codornas alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis em
501 nenhuma das fases avaliadas. Os pesos relativos de fígado não foram influenciados ($P>0,05$) pelos
502 níveis de leucina e valina digestíveis (Tabela 7).

503

504 *Desempenho produtivo na postura*

505 No experimento IV, as avaliações demonstraram que não houve efeito residual do
506 experimento III ($P>0,05$) para as variáveis de desempenho produtivo: idade ao primeiro ovo, taxa
507 de postura, consumo de ração, peso de ovo, massa de ovo, conversão alimentar por massa de ovo,
508 conversão alimentar por quilo de ovo e conversão alimentar por dúzia de ovo (Tabela 8).

509

510 *Qualidade dos ovos*

511 As variáveis de gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, porcentagem de
512 gema, de albúmen e de casca, espessura de casca e peso de casca por superfície de área não
513 tiveram influência ($P>0,05$) dos níveis de leucina e valina digestíveis fornecidos no experimento
514 III (Tabela 9).

515

516 **4.4. Discussão**

517 Foram utilizados neste experimento níveis de leucina e valina digestíveis abaixo
518 e acima do recomendado por Rostagno et al., (2017), a fim de identificar possíveis relações
519 antagônicas dos aminoácidos de cadeia ramificada. Para leucina digestível a recomendação é de
520 1,50% na fase de cria e de 1,42% na fase de recria, sendo utilizados neste trabalho os níveis 1,30
521 e 1,70% para as respectivas fases. Enquanto para valina digestível é recomendado para as fases
522 de cria e recria, 0,90 e 0,89% respectivamente, o que foi extrapolado para 0,75 a 1,05%.

523 O efeito antagônico dos aminoácidos de cadeia ramificada se deve principalmente por
524 compartilharem o mesmo sistema de transporte através da membrana celular e as mesmas enzimas
525 de degradação (Harper et al., 1984; Park, 2006). De acordo com Farran e Thomas (1992), baixa
526 taxa de crescimento, baixa eficiência alimentar e conversão alimentar elevada, estão entre os

527 efeitos do antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada, o que não foi observado neste
528 estudo, visto que os níveis elevados de leucina combinado com níveis baixos de valina, e vice-
529 versa, não apresentaram nenhum efeito no desempenho zootécnico das codornas japonesas em
530 crescimento, bem como os valores isolados de cada aminoácido também não tiveram diferença
531 estatística. Ospina-Rojas et al., (2019), trabalhando com frangos de corte em crescimento também
532 não teve diferença no desempenho de crescimento com dietas ricas em leucina e níveis graduados
533 de valina embora a suplementação de leucina tenha aumentado a expressão de genes envolvidos
534 na via de sinalização mTOR do músculo peitoral maior

535 O peso dos órgãos internos tem sido considerado na avaliação do desempenho dos
536 animais, sendo o fígado, nas aves considerado o mais relevante, pois centraliza o metabolismo
537 geral, alterando seu peso e as atividades metabólicas (Barbosa et al., 2010). Em situações de
538 redução de consumo e menor ganho de peso, os tecidos viscerais como fígado e coração são
539 rapidamente afetados, sendo seu tamanho e desenvolvimento comprometido e gerando redução
540 nas suas atividades metabólicas (Lawrence e Fowler, 2002; Ribeiro et al., 2002). Mais um indício
541 de que os níveis de leucina e valina digestíveis deste estudo não causaram alterações metabólicas
542 nas codornas, foi o desenvolvimento normal desses órgãos durante o crescimento.

543 Assim, como outros parâmetros, são poucas as informações sobre o perfil bioquímico de
544 codornas japonesas, principalmente em crescimento. O que se sabe é que a deficiência moderada
545 de leucina e valina digestíveis podem causar redução nos níveis de proteínas essenciais no sangue
546 (D'Mello, 2003), sendo os níveis usados no presente estudo insuficientes para causar tal alteração
547 na bioquímica sérica realizadas durante o crescimento das codornas.

548 O desempenho das aves em postura é influenciado pelas condições nutricionais
549 estabelecidas durante a fase de crescimento (Lima et al., 2016), assim, pode-se dizer que os níveis
550 de leucina e valina digestíveis fornecidos durante a recria não causaram nenhuma alteração
551 fisiológica que influenciasse a produção inicial das codornas, já que essas aves estavam em
552 condições corporais adequadas aos 42 dias de idade. Santos et al., (2012) avaliaram dietas com
553 16,0% proteína bruta e diferentes níveis de valina (0,686; 0,833; 0,980; 1,127; 1,274%) para
554 codornas japonesas com 22 semanas de idade e não observaram diferença significativa para

555 nenhuma das características de desempenho e a qualidade de ovos avaliadas, e concluíram que o
556 nível de 0,686%, equivalente ao consumo diário de 208,8 mg de valina, proporcionou resultados
557 satisfatórios de desempenho e qualidade de ovos.

558 A qualidade do ovo é o fator que mais contribui para a determinação do seu preço, de
559 modo que também possui a capacidade de afetar a aceitabilidade do consumidor (Monira et al.
560 2003). Os resultados de qualidade de ovos mostraram que além de não haver diferença entre as
561 unidades experimentais, todas ficaram dentro dos valores esperados, como por exemplo para a
562 porcentagem de albúmen e gema. A porcentagem de albúmen corresponde a cerca de 60% do
563 ovo, sendo composta por água e proteínas, principalmente a albumina. Já a gema corresponde em
564 média 30% do peso do ovo e é constituída por água, proteínas e lipídeos (Stadelman e Cotterill,
565 1994).

566 O fato de não ter sido verificada diferença ($P>0,05$) entre os diferentes níveis de
567 suplementação pode ser visto de maneira positiva, já que os níveis utilizados neste trabalho,
568 apesar de acima do recomendado por Rostagno et al., (2017), são níveis facilmente praticados em
569 dietas à base de milho e farelo de soja mesmo sem a adição desses aminoácidos de forma sintética,
570 levando em considerações as concentrações desses aminoácidos no farelo de soja, principalmente
571 da leucina que contribui com 3,13% da composição do ingrediente. As recomendações de Silva e
572 Costa (2009) de leucina e valina digestíveis para codornas japonesas em crescimento são
573 próximas das reportadas neste trabalho somente para a fase de recria, sendo de 1,21 e 0,74%
574 respectivamente, já para a fase de cria esses valores estão mais distantes sendo de 1,60% de
575 leucina digestível e 0,84% de valina digestível.

576 A exigência nutricional de leucina e valina digestíveis para obtenção do melhor
577 desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo
578 de soja é de 1,30% e 0,75%, respectivamente, o que corresponde a 75 mg/ave/dia de leucina
579 digestível e 43 mg/ave/dia de valina digestível para codornas de 1 a 7 dias de idade, 87 mg/ave/dia
580 de leucina digestível e 50 mg/ave/dia de valina digestível para codornas de 8 a 14 dias de idade
581 e de 202 mg/ave/dia de leucina digestível e 116 mg/ave/dia de valina digestível para codornas de
582 15 a 42 dias de idade.

583 4.5. Referências

- 584 Ajinomoto, 2010. L-Valina Feed Grade uma grande inovação para as indústrias de rações. Acesso
585 em: 26 ago. 2021.
- 586 AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. Official methods of analysis, 16th
587 ed. Arlington.
- 588 Barbosa, A.D.A., Müller, E.S., Moraes, G.H.K.D., Umigi, R.T., Barreto, S.L.D.T., Ferreira, R.M.,
589 2010. Perfil da aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase e biometria do fígado
590 de codornas japonesas. Revista Brasileira de Zootecnia. 39, 308-312.
- 591 Corzo, A., Moran Jr, E.T., Hoehler, D., 2004. Valine needs of male broilers from 42 to 56 days
592 of age. Poultry Science. 83, 946-951.
- 593 Corzo, A., Dozier, W. A, Kidd, M. T., 2008. Valine Nutrient Recommendations for Ross x Ross
594 308. Broilers Poultry Science. 87, 335-338.
- 595 D'Mello, J.P.F., 2003. Adverse effects of amino acid. p. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.), Amino
596 acids in animal nutrition. 2. ed. Edinburgh: CABI Publishing.
- 597 Farran, M.T. and Thomas, O.P., 1992. Valine Deficiency. 1. The effect of feeding a valine
598 deficient diet during the starter period on performance and feather structure of male broiler
599 chicks. Poultry Science. 71, 1879-1884.
- 600 Gore, D. C., Wolfe, R. R., 2003. Metabolic response of muscle to alanine, glutamine, and valine
601 supplementation during severe illness. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 27, 307-
602 314.
- 603 Hamilton, R.M.G., 1982. Methods and Factors that affect the measurement of egg Shell quality.
604 Poultry Science. 61, 2002-2039.
- 605 Harper, A.E., Miller, R., Block, K.P., 1984. Branched-chain amino acid metabolism. Annual
606 review of nutrition. 4, 409-454.
- 607 Haugh, R.R., 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. Uni. Stat. Egg Poult. Magazi. 43,
608 552-555.
- 609 Lawrence, T.L.J. and Fowler, V.R., 2002. Crescimento compensatório. Crescimento de animais
610 de fazenda, (Ed. 2), 229-254.

- 611 Lima, H.J.D., Barreto, S.L.T., Donzele, J.L., Souza, G.S., Almeida, R.L., Tinoco, I.F.F., Albino,
612 L.F.T., 2016. Exigência de lisina digestível para codornas japonesas em crescimento. *Journal*
613 *of Applied Poultry Research*. 25, 483-491.
- 614 Monira, K.N., Salahuddin, M., Miah, G.J.I.J.P.S., 2003. Efeito da raça e do período de espera nas
615 características de qualidade dos ovos de galinhas. *International Journal of Poultry Science*.
- 616 Morales, A., Arce, N., Cota, M., Buenabad, L., Avelar, E., Htoo, J. K., Cervantes, M., 2016. Effect
617 of dietary excess of branched-chain amino acids on performance and serum concentrations
618 of amino acids in growing pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 100,
619 39-45.
- 620 Park, B.C., 2006. Amino Acid Imbalance-Biochemical Mechanism and Nutritional Aspects.
621 *Asian-Australasian Journal Animal Science*. 19, 1361-1368.
- 622 Pires, C.V., Oliveira, M.G.A., Rosa, J.C., Costa, N.M.B., 2006. Qualidade nutricional e escore
623 químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*.
624 26, 179-187.
- 625 Ribeiro, A.M.L. and Laganá, C., 2002. Estratégias nutricionais para otimizar a produção de
626 frangos de corte em altas temperaturas. *Encontro Internacional dos Negócios da Pecuária*.
- 627 Rodrigues, P.B., Bertechini, A.G., Oliveira, B.C., 1996. Fatores nutricionais que influenciam a
628 qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais.
629 *Revista Brasileira de Zootecnia*. 25, 248-260.
- 630 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo, F.G.,
631 Saraiva, A., Teixeira, M.L., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L.T., Brito, C.O.,
632 2017. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências*
633 *nutricionais*. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- 634 Sakomura, N.K., Rostagno, H.S., 2016. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 2.
635 Ed. Jaboticabal, SP: Funep. 262.

- 636 Santos, G., Garcia, E., Vieira, J., 2012. Níveis de valina em dietas de baixo nível proteico para
637 codornas japonesas em postura. In Congresso APA de produção e comercialização de ovos
638 10.
- 639 Shimomura, Y. and Harris, R. A., 2006. Metabolism and physiological function of branched-
640 chain amino acids: discussion of session 1. *The Journal of nutrition*. 136, 232-233.
- 641 Silva, J.H.V., Costa, F.G.P., 2009. Tabela para codornas japonesas e européias. 2.ed. Jaboticabal,
642 SP: FUNEP. 110.
- 643 Soumeh, E.A., Van Milgen, J., Sloth, N.M., 2015. Requirement of standardized ileal digestible
644 valine to lysine ratio for 8-to 14-kg pigs. *Animal*. 9, 1312-1318.
- 645 Stadelman, W.J., Cotterill, O.J., 1994. *Egg Science and Technology*. 4. ed. New York: The
646 Haworth Press. 591.
- 647 Tietz, N. W. 1986. *Fundamentals of clinical chemistry*. Page 1,186 in *Clinical Chemistry*. W.B.
648 Saunders Co., Philadelphia, PA.
- 649 Zhang, S., Chu, L., Qiao, S., Mao, X., Zeng, X., 2016. Effects of dietary leucine supplementation
650 in low crude protein diets on performance, nitrogen balance, whole-body protein turnover,
651 carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. *Animal Science Journal*. 87, 911-
652 920.
- 653
- 654
- 655
- 656
- 657
- 658
- 659
- 660

661 **Tabela 1** Composição percentual e nutricional calculada das rações referências para codornas
 662 japonesas em crescimento para as fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de
 663 idade) e postura (43 a 145 dias de idade).

Ingredientes (%)	Cria	Recria	Postura
Milho grão (7,86%)	47,233	52,911	61,183
Farelo de Soja (45%)	45,356	41,430	29,127
Fosfato bicálcico	2,154	1,716	1,111
Calcário	1,063	0,899	6,965
Sal comum	0,482	0,505	0,340
Supl. Min. e Vit. ¹	0,400	0,400	0,400
Óleo de Soja	3,208	2,057	0,057
DL- Metionina	0,095	0,072	0,430
L- Lisina	0,000	0,000	0,276
L- Treonina	0,000	0,000	0,069
L- Triptofano	0,000	0,000	0,033
BHT ²	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada			
Proteína Bruta (%)	24,360	23,010	18,920
EM ³ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,800
Cálcio (%)	1,092	0,911	2,990
Fósforo disponível (%)	0,513	0,428	0,309
Lisina digestível (%)	1,242	1,153	1,149
Met + Cist digestível (%)	0,744	0,693	0,942
Treonina digestível (%)	0,831	0,787	0,701
Triptofano digestível (%)	0,287	0,268	0,241
Sódio (%)	0,205	0,214	0,147
BED ⁴ (mEq/kg)	240,740	226,130	173,500

664 ¹ Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina
 665 D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina
 666 B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco:
 667 126mg; Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg;
 668 Caulin: 4g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³EM: energia metabolizável. ⁴Balanço eletrolítico da dieta.
 669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680 **Tabela 2** Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a
 681 fase de cria (1 a 14 dias de idade).

Leucina (%)	1,30				1,70			
	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05
Valina (%)								
Milho grão (7,86%)	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118
Farelo de Soja (45%)	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215
Farelo de Trigo (15%)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162
Calcário	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240
Inerte ¹	0,491	0,540	0,582	0,624	0,665	0,707	0,749	0,786
L-Ácido glutâmico	0,877	0,751	0,626	0,500	0,426	0,300	0,175	0,050
Sal comum	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486
L-Lisina HCL	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
Supl. Min. E Vit. ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Fenilalanina	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370
Óleo de Soja	0,260	0,237	0,221	0,204	0,135	0,119	0,103	0,090
DL- Metionina	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
L-Valina	0,103	0,203	0,303	0,403	0,103	0,203	0,303	0,403
L-Arginina	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
L-Treonina	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Isoleucina	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
L-Triptofano	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Leucina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,402	0,402	0,402	0,402
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

682 ¹Areia lavada; ²Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1:
 683 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg;
 684 Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ⁴EM: energia metabolizável
 685
 686
 687
 688
 689

690
691 **Tabela 3** Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis
692 para a fase de cria (1 a 14 dias de idade).

	Leucina (%)				Valina (%)			
	1,30				1,70			
	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05
Proteína Bruta (%)	17,760	17,760	17,760	17,760	17,760	17,760	17,760	17,760
EM ¹ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
Fósforo disponível (%)	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Lisina digestível (%)	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Met + Cist digestível (%)	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744
Treonina digestível (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Triptofano digestível (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Valina digestível (%)	0,750	0,850	0,950	1,050	0,750	0,850	0,950	1,050
Leucina digestível (%)	1,300	1,300	1,300	1,300	1,700	1,700	1,700	1,700
Isoleucina digestível (%)	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
Arginina digestível (%)	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182
Histidina digestível (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389
Fenil + Tir digestível (%)	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598
Sódio (%)	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
BED ² (mEq/kg)	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270

¹Energia metabolizável. ²Balanço eletrolítico da dieta.

693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705

706
707 **Tabela 4** Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis para a
708 fase de recria (15 a 42 dias de idade).

Leucina (%)	1,30				1,70			
	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05
Valina (%)	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05
Milho grão (7,86%)	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547
Farelo de Soja (45%)	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090
Farelo de Trigo (15%)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702
Calcário	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060
Inerte ¹	0,986	1,026	1,068	1,109	1,151	1,192	1,234	1,276
L-Ácido glutâmico	0,980	0,860	0,734	0,608	0,534	0,409	0,283	0,157
Sal comum	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509
L-Lisina HCL	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345
Supl. Min. e Vit. ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Fenilalanina	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281
Óleo de Soja	0,210	0,190	0,175	0,158	0,089	0,073	0,057	0,041
DL- Metionina	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
L-Valina	0,104	0,204	0,304	0,404	0,104	0,204	0,304	0,404
L-Arginina	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156
L-Treonina	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
L-Isoleucina	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
L-Triptofano	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Leucina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,402	0,402	0,402	0,402
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

709 ¹Areia lavada; ²Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1:
710 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg;
711 Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno).
712
713
714
715
716

717
718 **Tabela 5** Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e valina digestíveis
719 para a fase de cria (15 a 42 dias de idade).

	Leucina (%)				Valina (%)			
	1,30				1,70			
	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05
Proteína Bruta (%)	17,540	17,540	17,540	17,540	17,540	17,540	17,540	17,540
EM ¹ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911	0,911
Fósforo disponível (%)	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428
Lisina digestível (%)	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034
Met + Cist digestível (%)	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Treonina digestível (%)	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
Triptofano digestível (%)	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196
Valina digestível (%)	0,750	0,850	0,950	1,050	0,750	0,850	0,950	1,050
Leucina digestível (%)	1,300	1,300	1,300	1,300	1,700	1,700	1,700	1,700
Isoleucina digestível (%)	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
Arginina digestível (%)	1,096	1,096	1,096	1,096	1,096	1,096	1,096	1,096
Histidina digestível (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389
Fenil + Tir digestível (%)	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509
Sódio (%)	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
BED ² (mEq/kg)	158,050	158,050	158,050	158,050	158,050	158,050	158,050	158,050

720 ¹Energia metabolizável. ²Balanço eletrolítico da dieta.

Tabela 6 Desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis.

Leucina digestível (%)	1,30				1,70				EPM	Efeito
Valina digestível (%)	0,75	0,85	0,95	1,05	0,75	0,85	0,95	1,05		
1 – 7 dias de idade										
Peso corporal 7 dias (g)	23,36	24,89	24,23	24,50	23,72	22,95	24,85	24,51	0,112	NS
Ganho de peso (g)	16,26	17,66	17,13	17,20	16,58	15,72	17,61	17,20	0,107	NS
Consumo de ração (g/ave)	37,80	38,84	39,65	44,72	40,06	39,38	40,93	42,74	0,355	NS
Conversão alimentar (g/g)	2,32	2,20	2,32	2,60	2,32	2,50	2,32	2,38	0,020	NS
8 – 14 dias de idade										
Peso corporal 14 dias (g)	30,88	33,44	32,10	33,07	32,30	30,77	31,83	33,34	0,164	NS
Ganho de peso (g)	9,68	12,16	10,71	11,68	11,21	9,38	10,36	10,86	0,149	NS
Consumo de ração (g/ave)	49,16	48,53	46,92	49,18	42,71	45,86	44,70	48,46	0,373	NS
Conversão alimentar (g/g)	5,14	4,02	4,44	4,21	3,81	4,98	4,35	4,72	0,073	NS
15 – 42 dias de idade										
Peso corporal 42 dias (g)	125,55	124,80	133,46	118,61	121,52	121,43	127,24	124,40	0,712	NS
Ganho de peso (g)	91,57	90,10	98,77	84,32	87,09	86,84	92,15	90,32	0,693	NS
Consumo de ração (g/ave)	464,12	434,56	451,78	457,90	447,21	413,05	401,23	403,49	3,970	NS
Conversão alimentar (g/g)	5,08	4,83	4,58	5,42	5,14	4,75	4,38	4,47	0,057	NS

721 EPM: erro padrão da média; NS: não significativo.

722

723

724

725

726

727

Tabela 7 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Valina digestível (%)	0.75	0.85	0.95	1.05	0.75	0.85	0.95	1.05	
1 - 7 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	3.564	3.751	3.372	3.056	3.763	3.410	2.071	3.331	0.086
Albumina (mg/dL)	0.865	0.846	0.968	0.910	0.946	0.886	0.942	0.952	0.007
Glicose (mg/dL)	326.67	355.18	322.92	348.50	351.37	352.83	367.22	332.83	2.451
Proteínas totais (mg/dL)	2.448	2.512	2.506	2.432	2.551	2.489	2.400	2.510	0.008
Triglicerídeos (mg/dL)	319.30	332.20	322.70	309.90	330.50	295.20	299.50	299.60	2.310
Peso relativo fígado (%)	4.53	3.88	4.33	4.08	3.96	3.97	3.53	4.55	0.055
8 - 14 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	3.354	3.553	3.131	3.919	3.768	3.660	3.686	2.980	0.051
Albumina (mg/dL)	0.781	0.885	0.837	0.778	0.909	0.804	0.765	0.848	0.008
Glicose (mg/dL)	386.52	423.99	345.57	373.87	395.18	464.76	395.84	398.84	5.545
Proteínas totais (mg/dL)	1.248	1.367	1.387	1.292	1.440	1.296	1.284	1.352	0.010
Triglicerídeos (mg/dL)	349.36	357.11	313.39	313.21	338.02	333.23	369.65	343.53	3.132
Peso relativo fígado (%)	3.18	3.16	3.31	3.28	3.59	3.44	3.32	3.46	0.023
15 - 42 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	4.770	4.980	3.925	4.210	4.380	4.850	3.360	4.340	0.085
Albumina (mg/dL)	1.200	1.365	1.250	1.191	1.303	1.154	1.252	1.226	0.011
Glicose (mg/dL)	340.76	332.80	307.61	346.12	336.40	330.73	322.95	354.60	2.278
Proteínas totais (mg/dL)	2.466	2.591	2.618	2.481	2.915	3.082	2.837	2.507	0.036
Triglicerídeos (mg/dL)	358.82	372.78	395.79	376.32	332.43	321.60	316.03	350.17	4.465
Peso relativo fígado (%)	2.49	2.51	2.55	2.34	2.63	2.58	2.63	2.51	0.015

728

Tabela 8 Desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis no crescimento.

Leucina Digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Valina Digestível (%)	0.75	0.85	0.95	1.05	0.75	0.85	0.95	1.05	
50 - 134 dias de idade									
Idade ao primeiro ovo (dias)	49.80	48.60	51.00	52.20	50.40	49.80	51.40	51.40	0.182
Taxa postura (%)	94.32	96.32	95.30	94.25	96.02	93.14	93.84	93.45	0.186
Consumo ração (g/ave dia)	30.60	28.63	30.38	30.16	30.12	29.15	29.57	29.41	0.106
Peso de ovo (g)	10.96	10.80	11.13	10.72	10.79	10.90	10.58	10.64	0.028
Massa de ovo (g ovo/ave dia)	10.85	10.19	11.07	8.35	10.07	10.03	10.48	10.50	0.131
CAMO (g/g ovo ave dia)	2.82	2.92	2.76	3.91	3.02	2.94	2.83	2.83	0.059
CAKG (kg/kg ovo)	3.00	2.81	3.05	3.07	3.03	2.80	3.09	3.05	0.018
CADZ (g/dúzia ovos)	0.39	0.36	0.41	0.40	0.39	0.37	0.39	0.39	0.002

729 CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; CAKG: conversão alimentar por quilo de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; EPM: erro padrão da média.

730

Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis no crescimento.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Valina digestível (%)	0.75	0.85	0.95	1.05	0.75	0.85	0.95	1.05	
Gravidade Específica (g/mL)	1.077	1.077	1.078	1.080	1.079	1.081	1.079	1.079	0.000
Unidade Haugh	97.51	96.03	96.90	95.37	94.73	95.87	97.73	95.47	0.170
Índice Gema	0.53	0.54	0.51	0.51	0.48	0.53	0.55	0.53	0.003
% Gema	29.97	30.11	30.20	29.94	30.19	29.21	28.78	29.81	0.081
% Albúmen	62.52	62.15	62.16	62.33	62.63	62.74	63.57	62.22	0.074
% Casca	7.48	7.84	7.66	7.81	7.09	7.99	7.68	7.98	0.047
Espessura Casca	0.27	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.29	0.001
PCSA	3.73	3.97	3.91	3.94	3.58	4.06	3.86	4.02	0.025

731 PCSA: peso de casca por superfície de área; EPM: erro padrão da média.

732 **V. Exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas em fase**
733 **de crescimento**¹

734

735 **Resumo**

736 Objetivou-se neste estudo avaliar níveis de leucina e isoleucina digestíveis para codornas
737 japonesas em crescimento 1 a 7 (experimento I), 8 a 14 (experimento II), 15 a 42 (experimento
738 III) e 43 a 134 dias de idade (experimento IV)) sobre o desempenho produtivo, peso relativo de
739 fígado, bioquímica sérica e qualidade de ovos. Foi adotado o delineamento inteiramente ao acaso
740 em todos os experimentos. Nos experimentos I, II e III foram utilizadas 1000 codornas em cada
741 experimento, sendo oito tratamentos em esquema fatorial 2x4 com dois níveis de leucina
742 digestível (1,30 e 1,70%) e quatro níveis de isoleucina digestível (0,65; 0,75; 0,85 e 0,95%), com
743 cinco repetições e 25 codornas por unidade experimental. No experimento IV, foram transferidas
744 seis aves do experimento III para gaiolas de postura mantendo as unidades experimentais, a fim
745 de avaliar possíveis efeitos residuais do experimento III, para isso todas as aves receberam uma
746 dieta referência no experimento IV. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de
747 desempenho produtivo, peso relativo de fígado e bioquímica sérica nos experimentos I, II e III.
748 Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho produtivo e qualidade de ovos
749 no experimento IV. A exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para obtenção do
750 melhor desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho
751 e farelo de soja é de 1,30% e 0,65%, respectivamente.

752 **Palavras-chave:** coturnix coturnix japonica, bioquímica sérica, proteína ideal

753

754

755

756

757

758

759 ¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Livestock Science

760 **5.1. Introdução**

761 O conceito de proteína ideal é cada dia mais utilizado para aves e com isso é necessário
762 o conhecimento das exigências nutricionais dos aminoácidos essenciais, porém para codornas
763 ainda existem poucas informações (Silva et al., 2018) para a maioria dos aminoácidos,
764 principalmente os de cadeia ramificada. A leucina, valina e isoleucina são aminoácidos alifáticos,
765 hidrofóbicos de cadeia ramificada e apresentam estruturas e funções similares, o que pode levar
766 a uma competição pelas mesmas enzimas de degradação (Harper et al., 1984), além de utilizarem
767 as mesmas vias de absorção e de transporte, por isso são denominados antagonistas (D'Mello e
768 Lewis, 1970). Atuam na regulação do balanço de nitrogênio, como fonte principal para a síntese
769 de alanina e glutamina, também atuam sobre os níveis glicêmicos e, modulam o sistema imune
770 (Rogerio e Tirapegui, 2008).

771 Os aminoácidos valina e isoleucina, apresentam-se em concentrações menores que a
772 leucina tanto no milho como no farelo de soja, de forma que o efeito antagônico da leucina com
773 os outros aminoácidos de cadeia ramificada pode ser mais significativo (Ospina-Rojas et al.,
774 2020), porém o excesso de isoleucina também afeta a valina e a leucina, pois há aumento de
775 isoleucina na concentração plasmática, inibindo o transporte dos outros dois aminoácidos até o
776 cérebro, que resulta em redução do consumo de ração (Peganova e Eder, 2002; 2003). Como
777 providência, algum aminoácido estruturalmente semelhante, como leucina ou valina, deve ser
778 fornecido para aliviar o efeito antagonista (Park, 2006).

779 Entre os efeitos resultantes do antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada
780 são: baixa taxa de crescimento, baixa eficiência alimentar, conversão alimentar elevada e
781 anormalidade da pena associada à toxicidade à leucina (Farran; Thomas, 1992). Também podem
782 ser observadas alterações dos aminoácidos de cadeia ramificada nos níveis plasmáticos e nos
783 tecidos (Harper et al., 1984). Decorrente desses efeitos e da necessidade de informações sobre o
784 antagonismo entre leucina e isoleucina para codornas japonesas pesquisadores começaram a se
785 interessar pelo assunto (Santos et al., 2016; Viana et al., 2017). Diante disso, o objetivo deste
786 trabalho foi determinar o melhor nível de leucina e isoleucina digestíveis para codornas japonesas
787 em crescimento.

788 5.2. Material e métodos

789 Todos os procedimentos adotados seguiram as normas do Comitê de Ética em
790 Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 6329180919). Os
791 experimentos foram realizados no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi,
792 pertencente à Universidade Estadual de Maringá durante os meses de fevereiro e julho de 2020.

793

794 5.2.1. Animais, dietas e delineamento experimental

795 Foram utilizadas 3000 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas obtidas de
796 um criatório comercial (linhagem Vicami). As aves foram alojadas em boxes de 2,5 m² em um
797 galpão convencional com cama de casca de arroz forrada com papel corrugado até o sétimo dia
798 de idade. Ração e a água foram fornecidas *ad libitum* em comedouros do tipo bandeja e
799 bebedouros tipo copo de pressão infantil até os 14 dias de idade, sendo substituídos por
800 comedouros tubulares e bebedouros pendulares com 15 dias de idade. Em cada unidade
801 experimental (box) foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas com lâmpadas
802 incandescentes como fonte de aquecimento até o 14º dia de idade. O programa de iluminação foi
803 através de luz artificial por 24 horas até 14 dias de idade e por meio de luz natural dos 15 aos 42
804 dias de idade. Aos 43 dias de idade as aves foram transferidas para gaiolas de um galpão de
805 produção e o fotoperíodo adotado iniciou com 14 horas de luz e, semanalmente, foram
806 adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz natural mais artificial controlado com o auxílio
807 de timer automático.

808 Os dados de temperatura ambiente (T°) e umidade relativa do ar (URA) foram coletados no
809 início da manhã (8h00min) e, à tarde (15h30min), durante todo período experimental, por
810 intermédio de termo higrômetros, em três pontos distintos do galpão (início, meio e fim),
811 registrando, assim, a T° e URA máxima e mínima dentro do boxe, tendo a média de máxima e
812 mínima no experimento I de 37- 26 °C e 59- 49%, no experimento II de 36 - 23 °C e 86- 55%, no
813 experimento III de 35 – 22°C e 79 - 52% e no experimento IV de 26 - 14°C e 89 – 65%.

814 Foram realizados quatro experimentos, sendo o experimento I no período de 1 a 7 dias de
815 idade, o experimento II no período de 8 a 14 dias idade, o experimento III no período de 15 a 42

816 dias de idade e o experimento IV no período de 43 a 145 dias de idade (para avaliar o efeito
817 residual das dietas ofertadas no experimento III). As codornas utilizadas no experimento II e III
818 foram criadas convencionalmente recebendo uma ração referência conforme as exigências
819 propostas por Rostagno et al., (2017) (Tabela 1) até o início do período experimental, aos 8 e aos
820 14 dias de idade, respectivamente.

821 Nos experimentos I, II e III, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em
822 esquema fatorial 2 x 4 (níveis de leucina digestível 1,30 e 1,70% x níveis de isoleucina digestível
823 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95%) com 8 tratamentos, cinco repetições e 25 codornas por unidade
824 experimental, totalizando 1000 aves em cada experimento (I, II e III). Para o experimento IV, aos
825 43 dias, foram selecionadas seis aves por unidade experimental (totalizando 240 aves), utilizadas
826 no experimento III para serem realojadas em gaiolas de postura, com o objetivo de avaliar o efeito
827 residual dos tratamentos recebidos na recria sobre a fase de produção (43 a 145 dias de idade –
828 experimento IV), sendo que durante este período as aves receberam ração convencional de acordo
829 com exigências propostas por Rostagno et al. (2017) para codornas japonesas em produção
830 (Tabela 1).

831 Na formulação das rações experimentais de cria (Tabela 2) e recria (Tabela 4), foram
832 considerados os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al.,
833 (2017), exceto para os valores do milho e farelo de soja, que foram previamente determinados em
834 laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) e para atender às exigências nutricionais
835 das codornas foi adotado as recomendações preconizadas por Rostagno et al., (2017) para as
836 codornas japonesas em fase de cria (Tabela 3) e recria (Tabela 5), exceto para leucina digestível
837 e proteína bruta.

838

839 5.2.2. *Desempenho produtivo*

840 Nos experimentos I, II e III as codornas e as rações foram pesadas aos 7, aos 14 e aos 42 dias
841 de idade, respectivamente para determinação do peso corporal (g), do consumo de ração (g), do
842 ganho de peso (g) e da conversão alimentar (g/g).

843 No experimento IV, a partir do 50º dia, durante três ciclos de produção, que compreendiam
844 28 dias cada, os ovos foram coletados diariamente (8h00), a fim de se calcular a taxa de postura
845 (%) e a produção de massa de ovos (g ovos/ave dia). Os ovos quebrados, trincados e de casca
846 mole eram contabilizados separadamente. O peso médio do ovo foi determinado a partir de todos
847 os ovos viáveis nos três últimos dias de cada ciclo. Já as codornas e as rações foram pesadas no
848 último dia de cada ciclo para determinação do respectivo peso corporal (g), do consumo de ração
849 (g), e da conversão alimentar por massa de ovos (g/g ovos ave dia), por kg de ovos (kg/kg ovos)
850 e por dúzia de ovos (g/dúzia ovos). As aves mortas eram contabilizadas diariamente para correção
851 do consumo de ração.

852

853 5.2.3. *Peso relativo de fígado*

854 Foram sacrificadas duas aves por unidade experimental (10 aves por tratamento) aos 7,
855 aos 14 e aos 42 dias de idade. As aves foram insensibilizadas via intravenosa pelo barbitúrico
856 tiopental, em seguida foram sacrificadas por deslocamento cervical, feita a evisceração e pesagem
857 do fígado.

858

859 5.2.4. *Bioquímica sérica*

860 Aos 7, aos 14 e aos 42 dias de idade, foram colhidas amostras de sangue por punção da
861 veia braquial de quatro aves por unidade experimental e feito um pool das amostras que foram
862 mantidas centrifugadas a 3000 RPM durante 10 minutos, sendo o soro armazenado a -80°C para
863 posterior avaliação em triplicata das concentrações séricas de triglicérides, ácido úrico, albumina,
864 proteínas totais e glicose, analisadas mediante o uso de kits comerciais (Gold Analisa Ltda, Belo
865 Horizonte, Minas Gerais, Brasil), de acordo com os procedimentos descritos por Tietz (1986).

866

867 5.2.5. *Qualidade dos ovos*

868 Nos três últimos dias de cada ciclo do experimento IV, também foram realizadas as análises
869 de qualidade interna e externa dos ovos. A gravidade específica foi obtida através da metodologia
870 descrita por Hamilton (1982). Para as demais análises de qualidade, três ovos dentro do peso

871 médio da unidade experimental foram identificados e avaliados o índice de gema, a unidade
872 Haugh (Haugh, 1937), porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo e o
873 peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado utilizando a fórmula adaptada
874 por Rodrigues et al. (1996).

875

876 5.2.6. *Análise estatística*

877 A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o “Sistema SAS para Windows”
878 (Sistema de Análise Estatística). Para o teste dos efeitos ($P < 0,05$) foi adotado o modelo abaixo
879 descrito, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

$$880 Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_i + \beta_j + \beta_i\beta_j + \epsilon_{ijk}$$

881 em que:

882 Y_{ijk} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de
883 leucina digestível e o nível j de isoleucina digestível;

884 β_0 = constante geral;

885 Leui = efeito dos níveis da leucina digestível;

886 Isoj = efeito dos níveis da isoleucina digestível;

887 LeuIsoij = efeito da interação entre leucina digestível e isoleucina digestível;

888 ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

889 Havendo efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$), procedeu-se às análises de regressão
890 polinomial para os níveis de leucina e isoleucina digestíveis, buscando estimar o modelo de
891 melhor ajuste aos dados.

892

893 **5.3. Resultados**

894 *Desempenho produtivo no crescimento*

895 O peso médio, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar das codornas
896 japonesas em crescimento não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de leucina e isoleucina
897 digestíveis em nenhuma das fases avaliadas (Tabela 6).

898

899 *Bioquímica sérica e peso relativo de fígado*

900 Não houve efeito ($P>0,05$) para os teores de ácido úrico, albumina, glicose, proteínas
901 totais e triglicérides das codornas alimentadas com níveis de leucina e valina digestíveis, em
902 nenhuma das idades avaliadas. Não foi observado diferença ($P>0,05$) no peso relativo de fígado
903 de codornas japonesas aos 7, 14 e 42 dias de idade em função dos níveis de leucina e isoleucina
904 digestíveis (Tabela 7).

905

906 *Desempenho produtivo na postura*

907 As variáveis de desempenho produtivo: idade ao primeiro ovo, taxa de postura, consumo
908 de ração, peso de ovo, massa de ovo, conversão alimentar por massa de ovo, conversão alimentar
909 por quilo de ovo e por dúzia de ovo demonstraram que não houve efeito residual ($P>0,05$) dos
910 níveis de leucina e isoleucina digestíveis fornecidos no experimento III (Tabela 8).

911

912 *Qualidade dos ovos*

913 Os dados de gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, porcentagem de gema,
914 de albúmen e de casca, espessura de casca e peso de casca por superfície de área não tiveram
915 influência ($P>0,05$) dos níveis de leucina e isoleucina digestíveis fornecidos no experimento III
916 (Tabela 9).

917

918 **5.4. Discussão**

919 Para que os processos metabólicos funcionem corretamente, é necessário que haja o
920 fornecimento ininterrupto dos aminoácidos, já que qualquer déficit pode prejudicar a utilização
921 dos aminoácidos restantes, reduzir a síntese de proteínas e afetar outros processos fisiológicos
922 (D'Mello, 2003), principalmente tratando-se dos aminoácidos de cadeia ramificada que por
923 dividirem os mesmos transportadores, podem causar efeito antagônico quando em excesso, e
924 trazendo sérios prejuízos para o crescimento das aves, já que esses são essencialmente anabólicos,
925 ou seja, têm importante papel na síntese de proteína, ajudando no ganho de peso e
926 desenvolvimento na fase de crescimento (Shimomura e Harris, 2006).

927 Sabendo disso, pode-se afirmar que com os níveis utilizados neste trabalho não houve
928 efeito antagonico da leucina e isoleucina digestíveis, já que o antagonismo pode ser definido como
929 a interação que ocorre quando a alta ingestão de um nutriente resulta em aumento na exigência
930 de outro nutriente com estrutura semelhante. Um estudo comparativo revelou que poedeiras
931 reduziram não só a massa de ovo como também o peso corporal, quando foi fornecido o dobro de
932 isoleucina na dieta de 4 para 8 g/kg de ração (Peganova e Eder, 2002), sugerindo que aves de
933 postura podem ser mais susceptíveis ao antagonismo destes aminoácidos quando comparadas aos
934 frangos de corte, sendo necessário estudo com codornas em fase de postura.

935 O fígado é um órgão central do metabolismo, tendo que responder a demanda de bile
936 proveniente de estímulos secretores do intestino. Além disso, está envolvido no metabolismo de
937 moléculas essenciais como glicogênio, proteínas plasmáticas e séricas, hemoglobina, entre outras.
938 Em especial nas aves o fígado é responsável por todo o metabolismo da gordura e é o único órgão
939 que sintetiza gordura de reserva nestes animais (Bacila, 1980). Quando há o fornecimento de
940 aminoácidos em excesso, por não poder ser armazenado, serão catabolizados em glicogênio ou
941 gordura. Esse desbalanço, além de causar alterações metabólicas, podem causar alterações no
942 desenvolvimento dos órgãos viscerais quando se trata de animais em crescimento, o que não foi
943 observado neste trabalho e nem nos maiores níveis de aminoácidos ofertados.

944 Codornas são aves precoces que atingem a maturidade sexual entre os 42-45 dias de idade,
945 sendo que neste trabalho a idade ao primeiro ovo foi aos 53,6 dias em média e não houve
946 diferenças entre os tratamentos. As codornas apresentaram peso médio adequado para iniciarem
947 sua produção em todos os tratamentos ofertados na recria, visto que as codornas japonesas criadas
948 no Brasil possuem peso adulto médio de aproximadamente 120-170g (Souza-Soares & Siewerdt,
949 2005). Apesar de não apresentar diferença, todas as unidades experimentais apresentaram valores
950 de desempenho produtivo coerentes com o esperado para o início de produção.

951 Com relação à qualidade de ovos, todas as variáveis analisadas, independentemente do
952 nível de leucina e isoleucina digestíveis ofertados na recria, não influenciaram características
953 importantes como a gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, porcentagem de gema,
954 albúmen e casca, espessura de casca e peso de casca por superfície de área.

955 Se os níveis utilizados neste estudo prejudicassem o crescimento das codornas devido ao
956 antagonismo entre leucina e isoleucina digestíveis, seria um fato preocupante já que dietas à base
957 de milho e farelo de soja podem chegar a valores ainda maiores desses aminoácidos que os
958 praticados neste estudo, mesmo sem a adição deles de forma sintética. Isso porque esses
959 ingredientes possuem quantidades consideradas altas dos aminoácidos de cadeia ramificada,
960 sendo comum a oferta acima da exigência proposta por Rostagno et al., (2017), que é de 1,50%
961 na fase de cria e de 1,42% na fase de recria para leucina digestível, e para isoleucina digestível é
962 recomendado 0,70 e 0,73% para as fases de cria e recria, respectivamente.

963 A exigência nutricional de leucina e isoleucina digestíveis para obtenção do melhor
964 desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento nas dietas à base de milho e farelo
965 de soja é de 1,30% e 0,65%, respectivamente, e corresponde a 61 mg/ave/dia de leucina digestível
966 e 30 mg/ave/dia de isoleucina digestível para codornas de 1 a 7 dias de idade, 135 mg/ave/dia de
967 leucina digestível e 67 mg/ave/dia de isoleucina digestível para codornas de 8 a 14 dias de idade
968 e de 191 mg/ave/dia de leucina digestível e 95 mg/ave/dia de isoleucina digestível para codornas
969 de 15 a 42 dias de idade.

970

971 **5.5. Referências**

972 AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. Official methods of analysis, 16th
973 ed. Arlington.

974 Bacila, M., 1980. Bioquímica Veterinária. 1ª ed.

975 D'Mello, J.P.F., 2003. Adverse effects of amino acid. p. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.), Amino
976 acids in animal nutrition. 2. ed. Edinburgh: CABI Publishing.

977 D'Mello, J.P.F. and Lewis, D., 1970. Interações de aminoácidos na nutrição de pintinhos: 3.
978 Interdependência nas necessidades de aminoácidos. British Poultry Science. 11, 367-385.

979 Farran, M.T. and Thomas, O.P., 1992. The effect of feeding a valine deficient diet during the
980 starter period on performance and feather structure of male broiler chicks. Poultry Science 71,
981 1879-1884.

- 982 Hamilton, R.M.G., 1982. Methods and Factors that affect the measurement of egg Shell quality.
983 Poultry Science. 61, 2002-2039.
- 984 Harper, A.E., Miller, R., Block, K.P., 1984. Branched-chain amino acid metabolism. Annual
985 review of nutrition. 4, 409-454.
- 986 Haugh, R.R., 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. Uni. Stat. Egg Poult. Magazi. 43,
987 552-555.
- 988 Ospina-Rojas, I.C, Pozza, P.C, Rodrigueiro, R.J.B, Gasparino, E., Khatlab, A.S, Murakami, A.E.,
989 2020. High leucine levels affecting valine and isoleucine recommendations in low-protein
990 diets for broiler chickens. Poultry Science, 99, 5946-5959.
- 991 Park, B.C., 2006. Amino Acid Imbalance-Biochemical Mechanism and Nutritional Aspects.
992 Asian-Australasian Journal Animal Science. 19, 1361-1368.
- 993 Peganova, S. and Eder, K., 2002. Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens.
994 Poultry Science. 81, 1714-1721.
- 995 Peganova, S. and Eder, K., 2003. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine,
996 and tryptophan on the performance of laying hens. Poultry Science. 82, 100-105.
- 997 Rodrigues, P.B., Bertechini, A.G., Oliveira, B.C., 1996. Fatores nutricionais que influenciam a
998 qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais.
999 Revista Brasileira de Zootecnia. 25, 248-260.
- 1000 Rogero, M.M. and Tirapegui, J., 2008. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e
1001 exercício físico. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. 44, 563-575.
- 1002 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo, F.G.,
1003 Saraiva, A., Teixeira, M.L., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L.T., Brito, C.O.,
1004 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências
1005 nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- 1006 Sakomura, N.K., Rostagno, H.S., 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2.
1007 Ed. Jaboticabal, SP: Funep. 262.

- 1008 Santos, G.C.D., Garcia, E.A., Vieira Filho, J.A., Molino, A.D.B., Pelicia, K., Berto, D. A., 2016.
1009 Performance of Japanese quails fed diets with low-protein and isoleucine. *Acta Scientiarum.*
1010 *Animal Sciences.* 38, 219-225.
- 1011 Shimomura, Y. and Harris, R. A., 2006. Metabolism and physiological function of branched-
1012 chain amino acids: discussion of session 1. *The Journal of nutrition.* 136, 232-233.
- 1013 Silva, A.F., Sgavioli, S., Domingues, C.H.F., Garcia, R.G., 2018. Coturnicultura como alternativa
1014 para aumento de renda do pequeno produtor. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e*
1015 *Zootecnia.* 70, 913-920.
- 1016 Souza-Soares, L.A., Siewerdt, F., 2005. *Aves e Ovos: Criação de Codornas.* Pelotas: Ed. da
1017 Universidade Federal de Pelotas, UFPEL.
- 1018 Tietz, N. W., 1986. *Fundamentals of clinical chemistry.* Page 1,186 in *Clinical Chemistry.* WB
1019 Saunders Co., Philadelphia, PA.
- 1020 Viana, G.S., Barreto, S.L.T., Muniz, J.C.L., Arnaut, P.R., Santana, L.C., Alves, W.J., Tizziani,
1021 T., 2017. Optimum Dietary Standardized Ileal Digestible Isoleucine to Lysine Ratio for Meat-
1022 Type Quails in the Growing-Finishing Phase. *Revista Brasileira de Ciência Avícola.* 19, 417-
1023 420.

1024 **Tabela 1** Composição percentual e nutricional calculada das rações referências para codornas
 1025 japonesas em crescimento para as fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de
 1026 idade) e postura (43 a 145 dias de idade).

Ingredientes (%)	Cria	Recria	Postura
Milho grão (7,86%)	47,233	52,911	61,183
Farelo de Soja (45%)	45,356	41,430	29,127
Fosfato bicálcico	2,154	1,716	1,111
Calcário	1,063	0,899	6,965
Sal comum	0,482	0,505	0,340
Supl. Min. e Vit. ¹	0,400	0,400	0,400
Óleo de Soja	3,208	2,057	0,057
DL- Metionina	0,095	0,072	0,430
L- Lisina	0,000	0,000	0,276
L- Treonina	0,000	0,000	0,068
L- Triptofano	0,000	0,000	0,033
BHT ²	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada			
Proteína Bruta (%)	24,360	23,010	18,920
EM ³ (Mcal/kg)	2,900	2,900	2,800
Cálcio (%)	1,092	0,911	2,990
Fósforo disponível (%)	0,513	0,428	0,309
Lisina digestível (%)	1,242	1,153	1,149
Met + Cist digestível (%)	0,744	0,693	0,942
Treonina digestível (%)	0,831	0,787	0,701
Triptofano digestível (%)	0,287	0,268	0,241
Sódio (%)	0,205	0,214	0,147
BED ⁴ (mEq/kg)	240,740	226,130	173,500

1027 ¹ Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina
 1028 D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina
 1029 B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco:
 1030 126mg; Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg;
 1031 Caulin: 4g. ²BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ³EM: energia metabolizável. ⁴Balanço eletrolítico da dieta.

1032 **Tabela 2** Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina para a fase de cria (1
1033 a 14 dias de idade).

Leucina (%)	1,30				1,70				
	Isoleucina (%)	0,65	0,75	0,85	0,95	0,65	0,75	0,85	0,95
Milho grão (7,86%)		64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118	64,118
Farelo de Soja (45%)		21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215	21,215
Farelo de Trigo (15%)		7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico		2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162
Calcário		1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240
Inerte ¹		0,470	0,518	0,558	0,599	0,644	0,684	0,725	0,765
L-Ácido glutâmico		0,871	0,759	0,647	0,535	0,421	0,308	0,196	0,084
Sal comum		0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486
L-Lisina HCL		0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
Supl. Mín. e Vit. ²		0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Fenilalanina		0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370	0,370
Óleo de Soja		0,240	0,204	0,176	0,147	0,115	0,087	0,058	0,030
DL- Metionina		0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
L-Valina		0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
L-Arginina		0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
L-Treonina		0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Isoleucina		0,019	0,119	0,219	0,319	0,019	0,119	0,219	0,319
L-Triptofano		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
BHT ³		0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Leucina		0,000	0,000	0,000	0,000	0,402	0,402	0,402	0,402
Total		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

1034 ¹Areia lavada; ² Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg;
1035 Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg; Ferro: 98mg;
1036 Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno); ⁴EM: energia metabolizável
1037
1038
1039

1040

1041

1042

Tabela 3 Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina para a fase de cria (1 a 14 dias de idade).

Leucina (%)	1,30				1,70				
	Isoleucina (%)	0,65	0,75	0,85	0,95	0,65	0,75	0,85	0,95
Proteína Bruta (%)	17,800	17,800	17,800	17,800	17,800	17,800	17,800	17,800	17,800
EM ¹ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
Fósforo disponível (%)	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Lisina digestível (%)	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Met + Cist digestível (%)	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744
Treonina digestível (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Triptofano digestível (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Valina digestível (%)	0,750	0,850	0,950	1,050	0,750	0,850	0,950	1,050	
Leucina digestível (%)	1,300	1,300	1,300	1,300	1,700	1,700	1,700	1,700	
Isoleucina digestível (%)	0,650	0,750	0,850	0,950	0,650	0,750	0,850	0,950	
Arginina digestível (%)	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	
Histidina digestível (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	
Fenil + Tir digestível (%)	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	
Sódio (%)	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	
BED ² (mEq/kg)	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	

1043

¹Energia metabolizável. ²Balço eletrolítico da dieta.

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052 **Tabela 4** Composição percentual das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina para a fase de recria
 1053 (15 a 42 dias de idade).

Leucina (%)	1,30				1,70				
	Isoleucina (%)	0,65	0,75	0,85	0,95	0,65	0,75	0,85	0,95
Milho grão (7,86%)	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547	64,547
Farelo de Soja (45%)	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090	21,090
Farelo de Trigo (15%)	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Fosfato bicálcico	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702	1,702
Calcário	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060
Inerte ¹	1,017	1,071	1,111	1,152	1,196	1,237	1,278	1,318	1,318
L-Ácido glutâmico	0,894	0,781	0,669	0,557	0,443	0,331	0,218	0,106	0,106
Sal comum	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509	0,509
L-Lisina HCL	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345
Supl. Min. e Vit. ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Fenilalanina	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281	0,281
Óleo de Soja	0,260	0,219	0,191	0,162	0,130	0,102	0,073	0,045	0,045
DL- Metionina	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
L-Valina	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243
L-Arginina	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156
L-Treonina	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
L-Isoleucina	0,020	0,120	0,220	0,320	0,020	0,120	0,220	0,320	0,320
L-Triptofano	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Leucina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,402	0,402	0,402	0,402	0,402
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

1054

1055

1056

1057

1058

¹Areia lavada; ² Suplemento mineral e vitamínico (Níveis de garantia por kg de ração): Vitamina A: 18.000UI; Vitamina D3: 5.000UI; Vitamina E: 16mg; Vitamina B1: 1,2mg; Vitamina B2: 8mg; Vitamina B6: 2,1mg; Vitamina B12: 20mg; Vitamina K3: 4mg; Pantotenato de Cálcio: 16mg; Niacina: 40mg; Colina: 560mg; Zinco: 126mg; Ferro: 98mg; Manganês: 155mg; Cobre: 30mg; Cobalto: 0,4mg; Iodo: 2mg; Selênio: 0,5mg; Caulin: 4g. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno).

1059

1060 **Tabela 5** *Composição nutricional calculada das rações experimentais para codornas japonesas em crescimento com níveis de leucina e isoleucina para a fase*
 1061 *de recria (15 a 42 dias de idade.)*

Leucina (%)	1,30				1,70			
Isoleucina (%)	0,65	0,75	0,85	0,95	0,65	0,75	0,85	0,95
Proteína Bruta (%)	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500
EM ¹ (Mcal/Kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Cálcio (%)	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092	1,092
Fósforo disponível (%)	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Lisina digestível (%)	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095	1,095
Met + Cist digestível (%)	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744
Treonina digestível (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Triptofano digestível (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Valina digestível (%)	0,750	0,850	0,950	1,050	0,750	0,850	0,950	1,050
Leucina digestível (%)	1,300	1,300	1,300	1,300	1,700	1,700	1,700	1,700
Isoleucina digestível (%)	0,650	0,750	0,850	0,950	0,650	0,750	0,850	0,950
Arginina digestível (%)	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182
Histidina digestível (%)	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389	0,389
Fenil + Tir digestível (%)	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598	1,598
Sódio (%)	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
BED ² (mEq/kg)	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270	158,270

1062 ¹Energia metabolizável. ²Balço eletrolítico da dieta.

Tabela 6 Desempenho produtivo de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina digestível e isoleucina digestível.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Isoleucina digestível (%)	0.65	0.75	0.85	0.95	0.65	0.75	0.85	0.95	
1 - 7 dias de idade									
Peso médio 7 dias(g)	24.16	23.49	23.04	24.38	22.63	23.35	23.02	23.02	0.096
Ganho de peso (g)	16.74	16.15	15.76	17.08	15.33	16.17	15.82	15.82	0.089
Consumo de ração (g/ave)	33.08	33.96	32.58	35.71	33.72	30.70	30.96	30.96	0.280
Conversão alimentar (g/g)	1.980	2.105	2.072	2.103	2.216	1.901	1.976	1.976	0.016
8 - 14 dias de idade									
Peso médio 14 dias (g)	38.69	39.16	38.85	39.25	36.90	38.69	38.43	38.61	0.115
Ganho de peso (g)	18.77	19.05	17.84	18.37	16.18	17.49	17.60	17.60	0.141
Consumo de ração (g/ave)	71.76	80.20	68.73	80.85	67.24	73.16	68.98	69.41	0.832
Conversão alimentar (g/g)	3.833	4.282	3.871	4.442	4.171	4.191	3.955	3.952	0.034
15 - 42 dias de idade									
Peso médio 42 dias (g)	127.67	125.83	128.85	128.85	128.06	126.36	129.38	127.11	0.200
Ganho de peso (g)	86.25	84.31	86.53	85.89	85.74	83.96	86.21	84.73	0.155
Consumo de ração (g/ave)	411.99	407.94	395.47	435.45	442.92	395.87	400.18	397.92	2.919
Conversão alimentar (g/g)	4.777	4.843	4.576	5.094	5.157	4.726	4.642	4.701	0.033

EPM: erro padrão da média.

1063

1064

1065

1066

1067

Tabela 7 Bioquímica sérica e peso relativo de fígado de codornas japonesas em crescimento alimentadas com níveis de leucina digestível e isoleucina digestível.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Isoleucina digestível (%)	0.65	0.75	0.85	0.95	0.65	0.75	0.85	0.95	
1 - 7 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	2.850	3.020	2.630	3.110	3.480	3.170	2.960	2.800	0.0411
Albumina (mg/dL)	0.900	0.850	0.800	0.830	0.870	0.890	0.860	0.890	0.0054
Glicose (mg/dL)	289.3	302.2	343.1	277.9	282.2	330.0	335.5	328.0	4.1205
Proteínas totais (mg/dL)	2.300	2.210	2.130	2.220	2.322	2.230	2.170	2.130	0.0112
Triglicerídeos (mg/dL)	344.6	342.1	332.2	341.8	318.1	306.5	334.2	332.5	2.0740
Peso relativo fígado (%)	4.657	5.246	5.456	4.873	5.415	5.282	5.402	4.894	0.0480
8 - 14 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	2.730	2.710	3.130	2.910	3.460	2.550	2.860	2.860	0.0446
Albumina (mg/dL)	0.860	0.870	0.800	0.850	0.990	0.770	0.800	0.890	0.0109
Glicose (mg/dL)	309.8	353.9	310.7	324.1	356.9	325.7	334.7	315.4	2.8996
Proteínas totais (mg/dL)	2.100	2.170	2.120	2.160	2.370	1.990	2.020	2.090	0.0184
Triglicerídeos (mg/dL)	315.6	340.7	332.9	342.8	358.9	323.4	357.3	349.7	2.4516
Peso relativo fígado (%)	3.283	3.305	3.166	3.370	3.474	3.555	3.159	3.264	0.0220
15 - 42 dias de idade									
Ácido úrico (mg/dL)	4.850	4.692	4.360	4.810	4.560	4.488	4.940	5.070	0.0821
Albumina (mg/dL)	1.020	1.086	1.120	1.130	1.000	1.060	1.120	1.120	0.0080
Glicose (mg/dL)	345.7	345.9	340.6	333.0	347.8	344.4	349.1	334.0	0.9698
Proteínas totais (mg/dL)	2.420	2.615	2.670	2.650	2.570	2.680	2.800	2.770	0.0188
Triglicerídeos (mg/dL)	338.3	347.9	346.0	374.6	343.5	322.4	339.4	301.2	3.3388
Peso relativo fígado (%)	2.329	2.159	2.168	2.267	2.291	2.380	2.259	2.267	0.0120

EPM: erro padrão da média.

1070

Tabela 8 Desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com níveis de leucina digestível e isoleucina digestível no crescimento.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Isoleucina digestível (%)	0.65	0.75	0.85	0.95	0.65	0.75	0.85	0.95	
50 – 134 dias de idade									
Idade ao primeiro ovo (dias)	53.00	53.20	53.40	53.40	54.20	53.20	54.00	54.80	0.0982
Taxa postura (%)	89.83	91.53	89.02	87.13	89.36	90.85	89.93	87.06	0.2528
Consumo ração (g/ave dia)	27.34	28.85	28.22	28.78	26.88	28.37	28.42	28.78	0.1140
Peso de ovo (g)	10.82	10.18	10.50	10.83	10.48	10.57	10.50	10.79	0.0470
Massa de ovo (g ovo/ave dia)	8.668	7.416	8.457	8.809	8.950	9.416	8.065	8.094	0.0981
CAMO (g/g ovo ave dia)	3.382	4.095	3.442	3.456	3.037	3.029	4.152	3.713	0.0673
CAKG (kg/kg ovo)	3.225	3.265	3.249	3.059	2.980	3.015	3.050	3.834	0.0436
CADZ (g/dúzia ovos)	0.418	0.386	0.409	0.398	0.374	0.382	0.384	0.498	0.0063

1071

1072

CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; CAKG: conversão alimentar por kg de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; EPM: erro padrão da média.

Tabela 9 Qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de leucina digestível e isoleucina digestível no crescimento.

Leucina digestível (%)	1.30				1.70				EPM
Isoleucina digestível (%)	0.65	0.75	0.85	0.95	0.65	0.75	0.85	0.95	
Gravidade Específica (g/mL)	1.073	1.074	1.074	1.072	1.074	1.072	1.073	1.072	0.0002
Unidade Haugh	95.05	94.49	92.84	91.70	93.31	95.53	92.12	93.16	0.2169
Índice Gema	0.485	0.485	0.490	0.488	0.490	0.486	0.491	0.499	0.0007
% Gema	29.64	30.18	29.48	28.88	28.51	28.37	28.60	29.33	0.1003
% Albúmen	62.64	61.52	61.91	63.26	62.88	63.45	63.71	63.03	0.1188
% Casca	8.102	8.670	8.059	7.786	7.981	8.203	7.805	7.763	0.0473
Espessura Casca	0.285	0.282	0.291	0.290	0.285	0.281	0.287	0.286	0.0005
PCSA	4.016	4.226	4.044	3.943	4.004	4.128	3.920	3.931	0.0167

1073

PCSA: peso de casca por superfície de área; EPM: erro padrão da média.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito antagônico dos aminoácidos de cadeia ramificada, apesar de não ter acontecido com os níveis utilizados neste trabalho, é um tema importante a ser explorado a fim de se conhecer o comportamento desses aminoácidos no organismo de codornas japonesas, limitando o uso acima da exigência, não somente por um possível efeito prejudicial ao desempenho das aves, mas evitando que esses nutrientes sejam usados como energia, em vez de ser destinado a síntese proteica, que é a principal função dos aminoácidos de cadeia ramificada.

Além da determinação da exigência de leucina, valina e isoleucina para codornas em crescimento, são necessários mais estudos para a avaliação destes aminoácidos para codornas em produção e com a utilização de ingredientes alternativos ao milho e farelo de soja, o que modifica a ordem de limitância dos aminoácidos para as aves.

Vale salientar ainda, que estes resultados podem ser o ponto de partida para futuras investigações, visto que na literatura são inexistentes estudos relacionados a efeito residual dos aminoácidos de cadeia ramificada das rações de recria na fase de produção.