

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE TRIPTOFANO DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Eline Maria Finco
Orientadora: Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

MARINGÁ
Estado do Paraná
Julho - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE TRIPTOFANO DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Eline Maria Finco
Orientadora: Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

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
Julho – 2018

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

F493e Finco, Eline Maria
Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas / Eline Maria Finco. -- Maringá, 2018.
100 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Simara Márcia Marcato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2018.

1. Codornas japonesas - Comportamento. 2. Coturnicultura de postura. 3. Perfil hematológico. 4. Ovos - Qualidade. I. Marcato, Simara Márcia, orient. II. Furlan, Antonio Claudio, coorient. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia III. Título.

CDD 21.ed.636.6

Elaine Cristina Soares Lira - CRB 1202/9



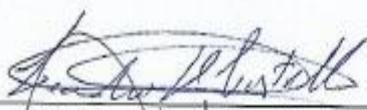
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

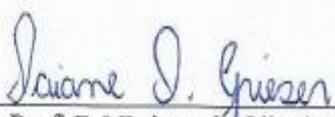
EXIGÊNCIA DE TRIPTOFANO DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Eline Maria Finco
Presidente: Profª Drª Simara Márcia Marcato

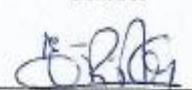
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

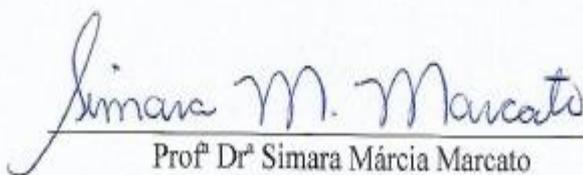
APROVADA em 23 de julho de 2018.


Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha


Profª Drª Daiane de Oliveira
Grieser


Profª Drª Jovair Inês Müller
Fernandes


Profª Drª Elis Regina de Moraes
Garcia


Profª Drª Simara Márcia Marcato
Presidente

“A paciência é uma árvore de raiz amarga, mas de frutos muito doces.”

Provérbio Persa

A Deus, pelo dom da vida e por nunca me abandonar;

Ao meu pai, Edivaldo Finco, que tanto admiro e amo. Sua história de vida me inspira, agradeço pela dedicação para que eu chegasse até aqui;

À minha mãe, Maria Helena Campos Finco, com gratidão pelas palavras inspiradoras, por acreditar mais em mim do que eu mesma e por nunca me abandonar ou me deixar desistir. Eu te amo infinitamente, mãe;

Ao meu eterno namorado e amigo, Leandro Portilho Alcarria, obrigada pelos anos ao meu lado, por continuar sonhando comigo os mesmos sonhos e por ser meu porto seguro em tantos momentos;

Às minhas irmãs, Aline Finco e Alana Finco e às minhas sobrinhas, Yasmin Finco e Ana Júlia Finco. Vocês são a melhor família que eu poderia ter, amo vocês e agradeço por estarem sempre presentes em minha vida, me apoiando e acreditando na minha capacidade para adquirir esse título;

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar pelos caminhos da vida, e por me mostrar o caminho quando eu mais precisava:

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato, pela confiança depositada em mim. Agradeço pela amizade, ensinamentos e dedicação na elaboração deste trabalho, obrigada por acompanhar cada etapa, por suas diretrizes e sugestões sempre acrescentando informações e por estar sempre disposta a ajudar:

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Antônio Cláudio Furlan, por sua amizade e compreensão que foram muito importantes:

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, por todo conhecimento transmitido, importantes para minha formação profissional e pessoa:

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Alimento e Nutrição Animal (LANA/UEM), e aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI/UEM), pelo auxílio prestado durante a condução deste trabalho:

À empresa Vicami, em especial ao senhor Osvaldo Rocha, por ser uma pessoa aberta a inovações. Obrigado pelo apoio na realização deste experimento, fornecendo os animais e nos depositando sua confiança;

Aos amigos do grupo de pesquisa e aos companheiros da Pós-Graduação: Caroline Stanquevis, Érica Grecco, Mariani Benites, Isabela Martins, João Rossato, Andressa

Carvalho, Débora Aquino, Diogo Pinaffi, Felipe Augusto, Luana Freitas, Marcos Pereira, Rosileide Rohod, Taciana Oliveira, Naemi Kaneko, Thomer Durman, Jéssica Monteschio. Obrigada pela amizade, companheirismo, risadas, ensinamentos, pelas saidinhas para jogar conversa fora, pelo auxílio e dedicação durante a realização do experimento e pelas infindáveis horas de estudo. Acreditem, vocês tornaram as coisas mais fáceis.

A toda minha família, com muito amor, pessoas muito importantes para mim e que mostram o verdadeiro significado do que é ser família. Agradeço pelo apoio e incentivo e também pelas orações e pensamentos positivos.

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

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro para realização da pesquisa.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

ELINE MARIA FINCO, filha de Edivaldo Finco e Maria Helena de Campos Finco, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 24 de outubro de 1988.

Em Dezembro de 2011, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em Março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, e, em Março de 2015, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação de Mestrado, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Nesse mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na área de Concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Avicultura.

Em Março de 2018, submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação e, em julho de 2018, submeteu-se à defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
I - INTRODUÇÃO	1
1. Revisão de literatura	2
1.1. Coturnicultura de postura	2
1.2. Nutrição proteica de aves	3
1.3. Triptofano e seu metabolismo em aves	4
1.3.1. Serotonina (5-HT)	7
1.3.2. Melatonina	9
1.3.3 Via metabólica da quinurenina	10
1.3.4. Niacina	13
1.4. Exigências de triptofano digestível para codornas japonesas	13
1.5. Influência do triptofano sobre o comportamento das aves	14
1.6. Contagem diferencial leucocitária e a relação heterófilo:linfócito	15
1.6.1. Leucócitos	16

Referências	19
II - OBJETIVOS GERAIS.....	25
2.1 objetivos específicos	25
III – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
Introduction.....	29
Material and methods.....	30
Experiment I and II – SID tryptophan nutritional requirements in the initial growth phase (1 to 7 days and 8 to 14 days old).....	30
Animals, installations and experimental design.....	30
Diet.....	30
Performance	32
Organs relative weight	32
Leukocyte differential count and heterophil:lymphocyte ratio	32
Statistical analysis	32
Results.....	33
Discussion.....	37
Conclusion	41
References.....	41
IV – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de recria	44
Resumo	44
Abstract.....	45
4.1. Introdução	46
4.2. Material e Métodos	47
Experimento I - Exigência nutricional de triptofano digestível na fase de recria (15 a 42 dias de idade).....	47
4.2.1. Animais, instalações e manejo	47

4.2.2. Delineamento experimental e dietas	48
4.2.3. Desempenho	50
4.2.4. Peso relativo dos órgãos	50
4.2.5. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito	50
4.2.6. Comportamento	51
Experimento II - Efeito residual dos diferentes níveis de triptofano digestível na fase de recria de codornas japonesas.....	51
4.2.7. Animais, instalações e manejo	51
4.2.8. Delineamento experimental e dietas	52
4.2.9. Desempenho	52
4.2.10. Qualidade interna e externa dos ovos.....	53
4.2.11. Peso relativo dos órgãos	54
4.2.12. Análise estatística.....	54
4.3. Resultados	55
4.3.1. Experimento I.....	55
4.3.2. Experimento II.....	59
4.4. Discussão	61
4.4.1. Experimento I.....	61
4.4.2. Experimento II.....	66
4.5. Conclusão.....	68
4.6. Referências.....	68
V – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas em fase de postura.....	73
Resumo	73
Abstract.....	74
5.1. Introdução	75
5.2. Material e Métodos	76
5.2.1. Animais, instalações e manejo	76

5.2.2. Delineamento experimental e dietas	76
5.2.3. Desempenho	79
5.2.4. Qualidade interna e externa dos ovos.....	79
5.2.5. Peso relativo dos órgãos	80
5.2.6. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito	80
5.2.7. Comportamento	81
5.2.8. Análise estatística.....	82
5.3. Resultados	83
5.4. Discussão	88
5.5. Conclusão.....	95
5.6. Referências.....	95
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	100

LISTA DE TABELAS

	Página
III - Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria... 27	
Table 1. Centesimal and nutritional composition of experimental diets for japanese quails in the initial growth phase	31
Table 2. Performance of japanese quails in the initial growth phase (1-7 days old) as a function of digestible tryptophan levels.....	34
Table 3. Performance of japanese quails in the initial growth phase (8-14 days old) as a function of digestible tryptophan levels.....	35
Table 4. Organs relative weight in japanese quails at 7 days old as a function of digestible tryptophan levels	36
Table 5. Organs relative weight in japanese quails at 14 days old as a function of digestible tryptophan levels	36
Table 6. Leukocyte differential count and heterophil:lymphocyte ratio in japanese quails at 14 days old as a function of digestible tryptophan levels	37
IV - Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de recria 44	
Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para codornas japonesas em fase de recria.....	49
Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas na recria (15 a 42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível	56
Tabela 3. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas na recria (42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível	56
Tabela 4. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito em codornas japonesas na recria (42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível	57
Tabela 5. Comportamento em codornas de postura na semana de 21 a 28 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período de luz.....	58
Tabela 6. Comportamento em codornas de postura na semana de 35 a 42 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período de luz.....	59
Tabela 7. Desempenho de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com diferentes níveis de triptofano digestível do 15° ao 42° dia de idade.	60

Tabela 8. Qualidade de ovos de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com diferentes níveis de triptofano digestível do 15º ao 42º dia de idade..... 60

Tabela 9. Peso relativo dos órgãos de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com diferentes níveis de triptofano digestível do 15º ao 42º dia de idade . 61

V - Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas em fase de postura73

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para codornas japonesas em fase de postura 78

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível 83

Tabela 3. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de triptofano digestível..... 84

Tabela 4. Peso relativo dos órgãos de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível 84

Tabela 5. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito em codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível85

Tabela 6. Comportamento em codornas de postura aos 126 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período da manhã 86

Tabela 7. Comportamento em codornas de postura aos 126 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período da tarde..... 87

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Revisão de literatura	
Figura 1. Estrutura geral do triptofano.....	5
Figura 2. Catabolismo do triptofano em animais.....	6
Figura 3. Metabolismo do triptofano e suas funções em diferentes tecidos	7
Figura 4. Heterófilo (1), linfócito (2), eosinófilo (3), basófilo (4) e monócito (5) em frangos de 42 dias (Wright/1000x)	18

RESUMO

Foram conduzidos quatro experimentos com o objetivo de estimar a exigência nutricional de triptofano digestível em codornas japonesas nas fases de crescimento e postura e um para avaliação do efeito residual na postura do triptofano digestível ofertado na fase de recria. O estudo foi dividido nas fases de cria (1 a 7 e 8 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (42 a 126 dias de idade). O experimento I e II objetivaram estimar as exigências nutricionais de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria e o experimento III objetivou estimar a exigência nutricional de triptofano na recria. Os experimentos objetivaram verificar seus efeitos sobre o peso relativo dos órgãos, contagem diferencial leucocitária, relação heterófilo: linfócito e comportamento. No experimento IV, objetivou-se estimar as exigências nutricionais de triptofano digestível para codornas japonesas na fase inicial de postura, além de verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, peso relativo dos órgãos, contagem diferencial leucocitária, relação heterófilo:linfócito e comportamento. Nos experimentos I e II adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos, cinco repetições e 35 aves por unidade experimental, totalizando 875 codornas. No experimento III, adotou-se o mesmo delineamento, porém com 30 aves por unidade experimental, totalizando 750 codornas. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de triptofano (0,16; 0,21; 0,26; 0,31 e 0,36%). Na postura, o delineamento foi o DIC, com cinco níveis de triptofano (0,14; 0,19; 0,24; 0,29; 0,34%), cinco repetições e 12 aves por unidade experimental, totalizando 300 aves, no período de 42 a 126 dias de idade. Considerando os resultados, estimou-se os níveis de 0,27% de triptofano digestível para a fase de cria de 1 a 7 dias de idade, 0,16% de triptofano digestível para a fase de cria de 8 a 14 dias de idade e 0,16% de triptofano digestível

para a fase de recria. No experimento IV, estimou-se o nível de 0,14% de triptofano digestível para a fase de postura (63 a 126 dias de idade). O peso de oviduto apresentou efeito quadrático, sendo estimado o maior peso na ave a 0,24% de triptofano digestível. Os heterófilos e basófilos apresentaram diminuição na porcentagem e os linfócitos e monócitos, aumento e observou-se um efeito quadrático para a relação heterófilo:linfócito, ao nível de 0,31% de triptofano digestível. Quanto ao comportamento, no período da manhã foi observado que todas as variáveis apresentaram efeito linear ou quadrático, exceto a agressividade e no período da tarde somente o comportamento em pé não apresentou nenhum efeito significativo. No experimento do resíduo, as aves foram realojadas em gaiolas de postura, contendo 12 codornas por unidade experimental, de acordo com as unidades experimentais às quais pertenciam na fase de recria, totalizando 300 aves e apenas uma dieta convencional foi ofertada para todas as aves. Apenas a idade ao primeiro ovo apresentou efeito significativo (quadrático), sendo estimado o nível de 0,25% de triptofano, que possibilitou a redução da idade ao primeiro ovo. Estes estudos permitem aumentar o conhecimento sobre esse aminoácido essencial e seu papel relacionado a vários metabolismos e comportamentos.

Palavras-chave: comportamento, coturnicultura de postura, perfil hematológico, qualidade de ovos

ABSTRACT

Four experiments were conducted with the objective of estimating the nutritional requirements of standardized ileal digestible tryptophan (SID Trp) for growing and laying Japanese quails and one to evaluate the residual effect on posture of digestible tryptophan offered in the rearing phase. The study was divided in three phases: initial growth (1 to 7 days of age and 8 to 14 days of age), rearing (15 to 42 days of age) and laying (42 to 126 days of age). Experiments I and II aimed to estimate the nutritional requirements of SID tryptophan for Japanese quails at the initial phase and experiment III aimed to estimate the nutritional requirements of SID tryptophan at the rearing phase. The experiments aimed to verify its implications on organs relative weight, leukocyte differential count, heterophil:lymphocyte ratio and behavior. In experiment IV the objective was to estimate the nutritional requirements of tryptophan digestible for Japanese quails in the initial phase of laying and to verify its effects on egg quality, organs relative weight, leukocyte differential count, heterophil:lymphocyte ratio and behavior. In experiments I and II, a completely randomized design (CRD) was used, with five treatments, five replicates and 35 birds per experimental unit, totaling 875 quails. In experiment III, the same design was used, but with 30 birds per experimental unit, totaling 750 quails. The treatments consisted of five tryptophan levels (0.16, 0.21, 0.26, 0.31 and 0.36% of SID Trp). At laying phase the experimental design was completely randomized consisting of 5 tryptophan levels (0.14, 0.19, 0.24, 0.29, 0.34% of SID Trp), 5 replicates and 12 quails per experimental unit, totaling 300 birds from 42 to 126 days of age. Considering the results, the following levels of SID tryptophan were estimated: 0.27% for the phase of initial growth from 1 to 7 days of age, 0.16% for the initial phase from 8 to 14 days of age and 0.16% for the rearing phase. In experiment IV,

the level of 0.14% of SID tryptophan was estimated for the laying phase (63 to 126 days of age). The oviduct weight showed a quadratic effect, being estimated the highest weight in the bird at 0.24% of digestible tryptophan. The heterophiles and basophils showed decreasing linear effect and lymphocytes and monocytes increased linear effect and for the heterophil:lymphocyte ratio a quadratic effect was observed, at the level of 0.31% of SID tryptophan. About the behavior, in morning it was observed that all variables presented a linear or quadratic effect, except for aggressiveness and in afternoon only the behavior standing had no effect. In the residue experiment, the birds were rehoused in laying cages containing 12 quails per experimental unit, according to the experimental units to which they belonged in the rearing phase, totaling 300 birds and only a conventional diet was fed to all birds. Only the age at the first egg showed a significant effect (quadratic effect), being estimated the level of 0.25% of tryptophan, which made it possible to reduce the age to the first egg. These studies allow us to increase the knowledge about this essential amino acid and its role related to several metabolisms and behaviors.

Keywords: behavior, egg quality, hematological profile, laying coturniculture

I – INTRODUÇÃO

Dentro da avicultura, tem surgido um ramo de interesse, a coturnicultura, a qual demanda pesquisas para aperfeiçoamento da produção. A criação de codornas é uma atividade estável, rentável e com perspectivas de crescimento para o futuro (Pastore et al., 2012). Os principais produtos da coturnicultura são a carne e os ovos, cada vez mais apreciados (Souza-Soares & Siewerdt, 2005; Jácome et al., 2012).

Existem fatores que contribuem para este crescimento da coturnicultura, entre eles: alta densidade na criação, redução no custo com mão-de-obra, resistência a doenças e altas temperaturas, alta prolificidade, rusticidade, precocidade (maturidade sexual aos 40-45 dias), rápido ganho de peso, longevidade na vida produtiva (aproximadamente 18 meses), alta produtividade (300 ovos por ano) e rápido retorno do capital investido, o que torna a codorna um animal interessante para a produção (Pinto et al., 2002; Souza-Soares & Siewerdt, 2005; Araújo et al., 2007).

Com o crescimento do setor ao longo dos anos, observou-se aumento no consumo de ovos, investimento em tecnologias, existência de possibilidades concretas de exportação e a criação de programas de melhoramento genético (Bertechini, 2010).

Neste sentido, torna-se necessário a formulação de rações que atendam às exigências das codornas em todas as fases, tanto no crescimento, quanto na postura. Esse atendimento deve ser com relação a todos os nutrientes e deve-se atentar também ao correto fornecimento de todos os aminoácidos essenciais digestíveis.

Atualmente, utiliza-se o termo “proteína ideal”, para atender à exigência para manutenção e crescimento do animal, utilizando a lisina digestível como aminoácido referência (Silva et al., 2012). Esse conceito permite a redução da proteína bruta, desde que se atendam às exigências dos demais aminoácidos essenciais.

Os aminoácidos essenciais digestíveis são importantes, dentre eles o triptofano. Além disso, devido ao fato da exigência de triptofano para codornas de postura ser inconsistente, faz-se necessária a determinação de valores de exigências mais adequados à espécie e desta forma definir o papel efetivo do triptofano para essa categoria animal (Moreira & Pozza, 2014).

Nesse contexto, o triptofano é um aminoácido essencial, constituinte de proteína e precursor da serotonina (5-HT) e da melatonina, um neuro-hormônio associado ao sono. A serotonina está relacionada ao estímulo do consumo, em determinadas doses, e parece estar associada à maior secreção de grelina pelo fundo gástrico, assim como aumento da sua expressão gênica. Espera-se que quanto maior o consumo de triptofano, maior seja a produção de grelina, conseqüentemente aumentando o consumo e bem-estar das aves, desta forma favorecendo o desempenho (Le Floch & Seve, 2007; Zhang et al., 2007; Le floch et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi estimar as exigências nutricionais de triptofano digestível (SID Trp) para codornas japonesas nas fases de cria, recria e postura, visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre o peso dos órgãos, parâmetros sanguíneos, assim como a qualidade interna e externa dos ovos e o comportamento dessas aves.

1. Revisão de literatura

1.1. Coturnicultura de postura

A partir de 2002, houve uma alteração na coturnicultura, fazendo com que esta atividade se inserisse na avicultura moderna. Isso é comprovado pelo aumento no número de aves alojadas, ano a ano, e pelo aumento do consumo de ovos per capita anual, principalmente pelo maior investimento no processamento do ovo para a venda, sendo o ovo em conserva o principal incrementador no consumo (Bertechini, 2010).

De acordo com o IBGE (2015), houve um aumento no efetivo de codornas (carne e ovos) sendo que, no ano de 2015, alcançou-se o recorde de 21,99 milhões de cabeças, correspondendo a um aumento de 8,1% com relação ao ano de 2014. Consecutivamente ocorreu um aumento recorde, na história da produção de ovos, chegando a 447,47

milhões de dúzias em 2015, o que correspondeu a um aumento de 13,9% com relação a 2014. Observou-se que o principal motivo do aumento do consumo foi a demanda de ovos processados em conserva por restaurantes, buffets e supermercados.

No entanto, no ano de 2016, ocorreu uma redução de 20,4% no alojamento total de codornas e, conseqüentemente, queda de 28,6% na produção de ovos, devido à crise econômica enfrentada pelo país e também relacionada ao aumento dos preços dos produtos bases para a ração das aves, como o milho e o farelo de soja (IBGE, 2016).

De acordo com Silva et al. (2012), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de ovos de codorna e a espécie mais difundida no Brasil é a codorna japonesa, que consiste em uma linhagem de baixo peso corporal com finalidade de produzir ovos para consumo e de abate das fêmeas no final da produção, visto que os machos são abatidos ao nascimento (Rezende et al., 2004).

Desta forma, a região Sudeste detém 66,9% do efetivo nacional de codornas, em que 37,8% dessas codornas estão alojadas em São Paulo. Com relação à produção de ovos, a região Sudeste é responsável pela produção nacional de 68,3%, sendo São Paulo responsável pela produção nacional de 30,4% (IBGE, 2016).

No Brasil, as codornas japonesas criadas para a produção de ovos são aves de porte pequeno, possuem comportamento agitado, e peso médio variando de 100 a 180g. As fêmeas possuem manchas escuras nas penas do peito (carijó), além de uma coloração castanha nas penas do corpo (Lima, 2011).

1.2. Nutrição proteica de aves

As proteínas são constituídas de polímeros de aminoácidos, que se unem por meio de ligações peptídicas. Para que ocorra a quebra dessas ligações, é necessária a ação de ácidos fortes ou que ocorra a hidrólise por meio de enzimas (Peixoto & Maier, 1993).

A proteína influencia no crescimento e desempenho, em parâmetros como ganho de peso, consumo diário de ração e na conversão alimentar, além de possuir custo elevado, desta forma sua correta determinação nas rações de acordo com a espécie é essencial (Huepa et al., 2017).

No passado, acreditava-se que altos níveis de proteína bruta eram essenciais para melhor desempenho, porém, com a realização de estudos e de acordo com o conceito de proteína ideal, comprovou-se que o essencial são os níveis adequados de aminoácidos que compõem a proteína, de modo que a redução da PB na dieta diminui os custos com a ração e reduz a poluição ambiental (Silva et al., 2012).

O conceito de proteína ideal determina o fornecimento adequado dos aminoácidos essenciais, de modo que não ocorra nem deficiências, nem excessos, objetivando atender as exigências de manutenção e máxima deposição de proteína, de forma a obter uma ração mais econômica e com maior aproveitamento de todos os aminoácidos, reduzindo a perda de nitrogênio para o ambiente, diminuindo o impacto ambiental, reduzindo as desordens digestivas nas aves (Emmert & Baker, 1997).

Outro fator importante deste conceito é que ele permite a redução na proteína bruta da dieta, visto que suplementa os demais aminoácidos essenciais de forma a atender às exigências nutricionais dos animais, permitindo alcançar um máximo desempenho. Essa redução na proteína bruta permite a redução na excreção de amônia (peixes), uréia (mamíferos) ou ácido úrico (aves), de acordo com a espécie (Relandeau & Le Bellego, 2004).

Ainda neste conceito, a lisina é utilizada como o aminoácido referência em que se obtém as exigências de todos os outros aminoácidos essenciais, expressas em percentagem de lisina. A lisina foi escolhida como aminoácido referência, pois sua maior utilização corporal é para a deposição de proteína, é um aminoácido que possui muitas pesquisas relacionadas, possui baixo custo de suplementação e o processo para sua determinação é fácil, quando comparado a outros aminoácidos (Relandeau & Le Bellego, 2004).

A forma básica de um aminoácido compreende um grupo amina ($-NH_2$), um grupo ácido carboxílico ($-COOH$), um átomo de hidrogênio e um radical (grupo R) que determina a estrutura dos diferentes aminoácidos, sendo todos ligados a um átomo de carbono (McDonald et al., 2006). O aminoácido pode ser classificado em D ou L, de acordo com a posição do grupo amina, se está na direita ou esquerda, respectivamente (Roxo, 2014).

Existem 20 aminoácidos primários classificados como essenciais e não-essenciais. As plantas e os microrganismos são capazes de sintetizar os 20, porém as aves sintetizam apenas 10 desses aminoácidos, o restante, ditos como aminoácidos essenciais, devem ser obtidos através de sua ingestão na dieta (Guerra et al., 2011).

1.3. Triptofano e seu metabolismo em aves

O triptofano é um aminoácido que pertence ao grupo de aminoácidos R-aromáticos, assim como a tirosina e a fenilalanina, ou seja, a sua cadeia lateral é aromática (indol) (Figura 1) (Lehninger et al., 2014), sendo considerado um aminoácido apolar

(hidrofóbico), cetogênico e glicogênico. Em níveis adequados, o triptofano promove o bem-estar e o aumento no consumo, porém em doses muito acima da exigência está relacionado à saciedade (Henry et al., 1992).

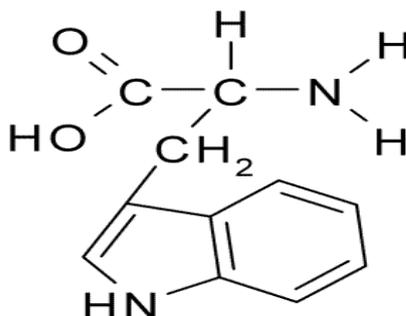


Figura 1. Estrutura geral do triptofano

O triptofano é um aminoácido essencial, que deve ser suplementado por meio da ração, precursor da síntese de niacina e da serotonina (5-HT), que é precursora do neuro-hormônio melatonina. Esse aminoácido e seus produtos estão relacionados a diversos mecanismos como aumento no consumo e uma possível redução no estresse e com várias vias metabólicas, tais como a via da serotonina, da melatonina e do ácido nicotínico, além de ter função também na biossíntese proteica (Le Floch & Seve, 2007; Pastuszewska et al., 2007; Le floch et al., 2010).

O fígado é o responsável pela homeostase desse aminoácido, devido às baixas concentrações de triptofano na proteína ingerida e no sangue e suas diversas funções fisiológicas pode ocorrer um desbalanço de triptofano, ou seja, um desequilíbrio na homeostase. De modo que a contribuição do triptofano com suas rotas metabólicas vai depender das características fisiológicas e do *status* patológico do animal (Le floch et al., 2010).

Existem três rotas metabólicas responsáveis pela degradação do triptofano, a da serotonina, de transaminação e da quinurenina. Os produtos do catabolismo do triptofano incluem a serotonina, melatonina, quinureninas, indoles, NAD e acetil-CoA (Figura 2 e Figura 3) (Wu, 2013).

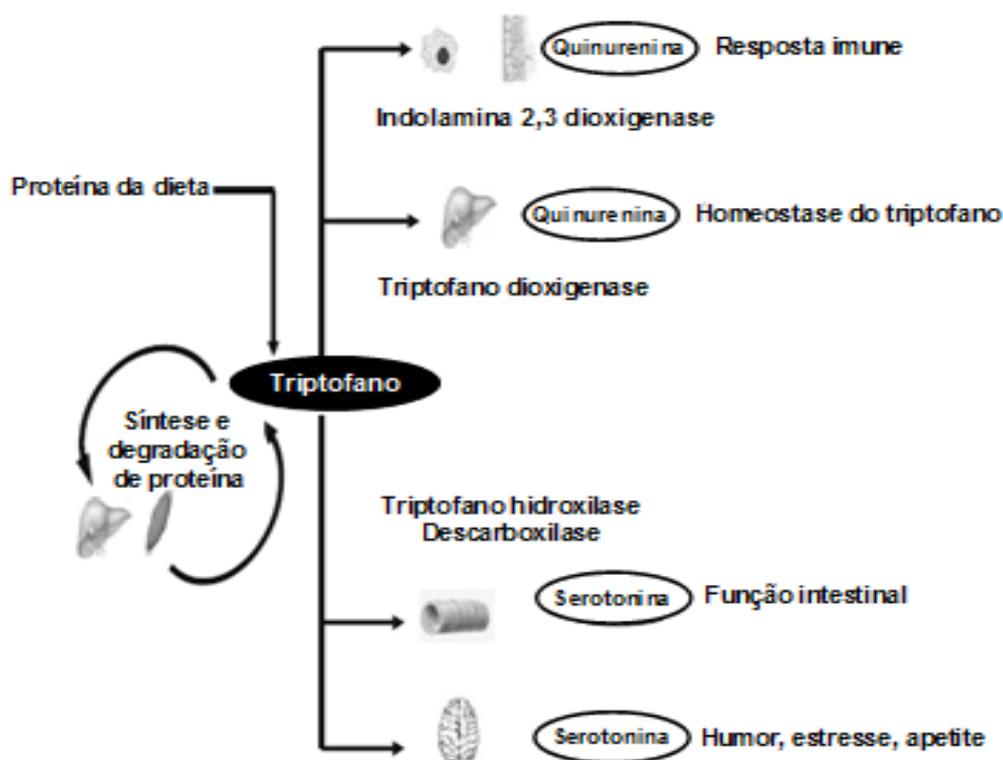


Figura 3. Metabolismo do triptofano e suas funções em diferentes tecidos (Le floch et al., 2010).

1.3.1. Serotonina (5-HT)

A serotonina é um neurotransmissor que influencia o comportamento, sono, apetite, secreção do hormônio do estresse, a imunidade, além de realizar a regulação central da ingestão alimentar. De acordo com Li et al. (2011), esse aminoácido possui efeito sedativo, diminuindo a agressividade e a excitação em diversas espécies, inclusive nas aves.

Ainda de acordo com Guzik et al. (2006), a suplementação com triptofano aumenta as concentrações de serotonina em suínos, galinhas e ratos. Desta forma, essa suplementação pode afetar a resposta do animal ao estresse, pelo aumento nos níveis de serotonina. Esse aumento, ainda promove redução nos níveis de cortisol em situações de estresse, permitindo concluir que o triptofano pode ser o responsável por essa redução nos níveis de cortisol e na resposta ao estresse nos animais.

A serotonina não atravessa a barreira hematoencefálica, no entanto, o triptofano (seu precursor) e seus metabólitos são capazes de atravessar essa barreira, sendo necessário um transportador, devido à baixa permeabilidade do triptofano. Desta forma,

o maior consumo de triptofano permite aumento nos níveis de triptofano no sangue e no cérebro, aumentando os níveis de serotonina e, conseqüentemente, promove melhora na sinalização pela serotonina (Le floch et al., 2010; Shen et al., 2015).

Em outro mecanismo, os níveis de serotonina podem ser reduzidos, pois dietas com alta proteína bruta possuem grande quantidade de aminoácidos neutros de cadeia longa e, geralmente, o triptofano é um dos aminoácidos que se encontra em menor quantidade na dieta. Assim, esses aminoácidos saturam os transportadores e competem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, no intestino e no cérebro. Quando se tem um excesso desses aminoácidos (valina, leucina, isoleucina, tirosina, fenilalanina), ocorre um desequilíbrio entre esses aminoácidos e, conseqüentemente, uma redução na absorção de triptofano e na síntese de serotonina. (Henry et al., 1992).

Em dietas para as aves, devido ao maior nível de proteína bruta, pode ocorrer maior concentração de aminoácidos neutros no plasma, afetando a concentração de serotonina, devido à competição do triptofano com esses aminoácidos neutros. Uma estratégia alimentar seria a suplementação com aminoácidos sintéticos, de forma que se reduza a proteína bruta, elevando a relação entre o triptofano e a somatória dos aminoácidos neutros de cadeia longa. Desta forma, a suplementação do triptofano, permite aumento da sua concentração plasmática, melhorando a relação triptofano:aminoácidos neutros (Castilha et al., 2016).

O uso de dietas ricas em carboidratos reduzem os aminoácidos neutros de cadeia longa, uma vez que estimulam a secreção de insulina que promove a captação plasmática de aminoácidos que possuem a cadeia ramificada como a valina, leucina e a isoleucina. Desta forma, reduz a competição e permite que uma maior quantidade de triptofano chegue ao sistema nervoso central (SNC) para síntese de serotonina (Shen et al., 2012).

Com relação à síntese de serotonina, a mesma ocorre em duas etapas e principalmente no intestino, plaquetas e cérebro: na primeira o triptofano é convertido em 5-hidroxitriptofano por meio da enzima triptofano hidroxilase (TPH) que realiza a hidroxilação, após ocorre a descarboxilação do 5-hidroxitriptofano em serotonina (5-hidroxitriptamina), em que esse último passo é dependente de vitamina B6. Existem duas formas da enzima triptofano hidroxilase a TPH1 que está presente nas células enterocromafins ou a TPH2 presente nos neurônios, em que serão ativadas de acordo com o local da síntese da serotonina (Le floch et al., 2010; Wu, 2013).

Após a síntese e dentro do cérebro, a serotonina é liberada na fenda sináptica pela vesícula sináptica, para que possa se ligar a receptores específicos. Então ocorre o mecanismo de retirada da serotonina da fenda sináptica para dentro do neurônio pré-sináptico, em que a serotonina será convertida em ácido 5-hidroxiindoleacético pela ação das enzimas monoamina oxidase (MAO) e aldeído desidrogenase, para após ser excretada pelos rins (Le floch et al., 2010).

Maiores níveis de triptofano aumentaram significativamente os níveis de grelina, concluindo que o aumento na ingestão de triptofano aumenta a expressão de grelina no fundo gástrico e a concentração nos níveis plasmáticos, consecutivamente aumentando o consumo, visto que a grelina é o hormônio responsável por estimular o apetite (Zhang et al., 2007).

1.3.2. Melatonina

A melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) é um neuro-hormônio sintetizado principalmente pela glândula pineal e pela retina, e está relacionada com a regulação do sono e do ritmo circadiano (Moreira & Pozza, 2014).

Quando a luz incide na retina, o nervo óptico e as demais conexões neuronais direcionam essas informações até a glândula pineal que inibe a síntese da melatonina, porém acredita-se que os fotorreceptores presentes na retina e na glândula pineal percebem a falta de luz e sintetizam a melatonina, em que irá desencadear alguns fenômenos como a redução na síntese de cortisol e epinefrina, regeneração de moléculas de DNA que foram lesadas e fechamento dos canais de cálcio. A melatonina ainda é um potente antioxidante, destruindo radicais livres, que danificam as células corporais (Ballone, 2012).

A melatonina atua na resposta reprodutiva de diversos animais, em que inibe a síntese de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) ou não, dependendo da espécie. No sistema reprodutor, a ação da melatonina é mediada por receptores presentes no hipotálamo que podem alterar a secreção do GnRH, que controla a síntese e secreção pela hipófise do hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH) (Soares Junior et al., 2008).

Em situações de estresse, aumenta-se a síntese de hormônios, tais como, epinefrina e cortisol, que induzem ao aumento da expressão da enzima TDO e destroem o triptofano antes que o aminoácido chegue à glândula pineal, bloqueando a sequência na síntese de serotonina e consecutivamente de melatonina (Ballone, 2012).

As concentrações de serotonina são maiores na glândula pineal que em outras regiões do cérebro ou órgãos. Ao longo do dia, os níveis de serotonina são altos, porém, ao anoitecer, essa concentração é reduzida à medida que a melatonina é sintetizada (Thipayang, 1998).

A biossíntese de melatonina ocorre após o triptofano ser convertido a serotonina na via metabólica que antecede. A enzima arilalquilamina N-acetiltransferase (NAT), que é a principal enzima na síntese de melatonina, atua transferindo um grupo acetil do acetil-CoA para o grupo amino da serotonina, onde ocorre a formação da N-acetilserotonina, que sofre ação da enzima hidroxil-indol-O-metiltransferase (HIOMT) que transfere um grupo metil da S-adenosilmetionina para o 5-hidroxil da N-acetilserotonina, resultando na N-acetil-5-metoxitriptamina ou melatonina. A atividade dessas duas enzimas é aumentada logo que se inicia a noite (Schomerus & Korf, 2005; Wu, 2013).

De acordo com Santos et al. (2007), a metionina na forma de S-adenosilmetionina é o mais importante doador do radical metil no organismo para a biossíntese de componentes como a melatonina, carnitina, creatina, poliaminas, epinefrina e colina.

As células da glândula pineal liberam outra porção de serotonina no início da escuridão, que será deaminada pela enzima MAO, e após será oxidada para formar o ácido 5-hidroxi-indol acético ou reduzida formando o 5-hidroxitriptofol. Ambos são substratos para a enzima HIOMT, e podem ser convertidos na glândula pineal em ácido acético 5-metoxi-indol e 5-metoxi-triptofol. Desta forma a serotonina pode ser convertida em melatonina, ácido 5-hidroxi-indol acético, 5-hidroxitriptofol e outros metoxi-indóis (Thipayang, 1998).

1.3.3. Via metabólica da quinurenina

A via da quinurenina está associada às defesas do corpo e à regulação da resposta imune, sendo esta a principal via catabólica do triptofano, responsável por 95% da degradação do triptofano disponível (Le Floch & Seve, 2007; Wu, 2013). Neste contexto, existem duas enzimas triptofano dioxigenase (TDO) e indoleamina dioxigenase (IDO) que catalisam a conversão do triptofano em quinurenina (Le floch et al., 2010).

A enzima TDO é encontrada no fígado e é responsável por regular a entrada do triptofano na via da quinurenina. Quando há excesso de triptofano, além do que já foi direcionado para síntese proteica e síntese de serotonina, essa enzima é ativada e inicia o catabolismo do aminoácido no fígado regulando a homeostase de triptofano. Desta

forma, a TDO é estimulada pelo triptofano, por glicocorticoides como o cortisol e também pelo glucagon (Le floch et al., 2010).

De acordo com Green et al. (1980), uma grande quantidade de triptofano é metabolizada pela enzima TDO, sendo convertido em quinurenina no fígado, de modo que uma pequena quantidade de triptofano encontra-se disponível para síntese da 5-HT, no entanto, a inibição dessa enzima pode aumentar a síntese da 5-HT (Wu, 2013). O aumento na quantidade de triptofano metabolizado na via da quinurenina é dependente da quantidade de triptofano fornecido na dieta e também do status sanitário do animal (Le Floch & Seve, 2007).

Em processos inflamatórios, a TDO é inibida e ocorre a ativação por citocinas pró-inflamatórias, sendo especialmente o interferon gama (IFN- γ) ou endotoxinas, da enzima IDO (Le Floch & Seve, 2007; Matte et al., 2011; Wu, 2013).

Durante um processo inflamatório de infecção ou trauma, ocorre a síntese de proteínas de fase aguda como a proteína reativa C, haptoglobulinas e fibrinogênio, que são ricas em triptofano, exigindo uma grande quantidade do aminoácido, o que reduz a conversão de triptofano a quinurenina, no entanto em processos inflamatórios, ocorre importante aumento no catabolismo do triptofano para dar continuidade a esta via (Le floch et al., 2010).

Ressaltando que em processos inflamatórios a disponibilidade de triptofano fica limitada para a síntese de proteína corporal, crescimento e outros processos metabólicos que necessitam de triptofano, visto que esse aminoácido será direcionado para o catabolismo na via da quinurenina ou para a síntese dessas proteínas de fase aguda (Le Floch & Seve, 2007; Roxo, 2014).

Essa enzima pode ser encontrada em diversos tecidos como cérebro, pulmões, estômago e intestinos e possui ação em um tipo de substrato específico (triptofano, 5-HT e melatonina) diferente da TDO, que é principalmente encontrada no fígado e possui ação em outro tipo de substrato específico (triptofano) (Le floch et al., 2010).

No cérebro, a enzima IDO pode ser ativada para regular a neuroinflamação, pois alguns dos metabólitos produzidos na via da quinurenina são neurotóxicos, como o ácido quinolínico e possuem relação com doenças do sistema nervoso central. Já no intestino, regula atividade das células T, que evidencia sua participação no controle da resposta inflamatória no intestino (Le floch et al., 2010).

Alguns metabólitos produzidos na via da quinurenina inibem a proliferação das células T e outros atuam como antioxidantes. A enzima IDO ainda inibe a proliferação

bacteriana e também atua como antioxidante consumindo ânions superóxido (Le floch et al., 2010).

A desaminação e descarboxilação do triptofano para formar a quinurenina, ocorrem principalmente no fígado e cérebro. Nesta via da quinurenina, ocorre a produção de diversos metabólitos como ácido antranílico, quinurênico, xanturênico, ácido picolínico, niacina e CO₂ (Wu, 2013).

Desta forma, essas duas enzimas (TDO e IDO) catalisam a conversão do triptofano em N-formilquinurenina, que após, é convertida em quinurenina e formato pela quinurenina formidase (Le floch et al., 2010). A quinurenina pode ser metabolizada por 3 vias diferentes. Pode ocorrer ação da enzima quinurenina 2-oxoglutarato aminotransferase para formação do ácido quinurênico, ou ocorre a ação da enzima mitocondrial quinurenina 3-hidroxilase para formação de 3-hidroxiquinurenina, ou então ocorre a catálise da enzima quinureninase para formação do ácido antranílico, sendo necessário piruvato como co-substrato e piridoxal-5'-fosfato como coenzima (Wu, 2013).

Na continuação da via, ou seja, na via dominante, a 3-hidroxiquinurenina pode sofrer ação da enzima quinurenina aminotransferase e formar o ácido xanturênico, em outro caminho a 3-hidroxiquinurenina sofre ação da enzima quinureninase e forma o ácido 3-hidroxi-antranílico, na sequência sendo convertido a semialdeído 2-Amino-3-carboximuconato, pela ação da enzima 3-hidroxi-antranilato de dioxigenase (HDO), após, ocorre a descarboxilação pela ação da enzima picolinato carboxilase (PCL) e se obtém o semialdeído 2-aminomuconato que entra na via metabólica do glutarato, é metabolizado em diversas etapas até resultar na Acetil-CoA (Le Floch & Seve, 2007; Le floch et al., 2010; Wu, 2013).

Assim sendo, o triptofano pode ser catabolizado a acetoacetil-CoA e posteriormente a acetil CoA, ou então ao piruvato que pode entrar no ciclo do ácido cítrico por meio do oxaloacetato ou da acetil-CoA (Wu, 2013). Ou então, o semialdeído 2-Amino-3-carboximuconato será reciclado por uma reação não enzimática a ácido picolínico que é eliminado na urina, ou ainda o semialdeído 2-Amino-3-carboximuconato entra na via para formar a niacina, é convertido a ácido quinolínico, sofre ação da enzima quinolinato fosforibosil transferase, formando a niacina (Vit. B3) (Figura 4), após segue mais algumas etapas na via para formação da NAD⁺ (Le Floch & Seve, 2007; Le floch et al., 2010; Wu, 2013).

A via da quinurenina é a principal via metabólica em que o triptofano é totalmente degradado via glutarato e libera acetil-CoA para ser utilizado no metabolismo energético, como o ciclo do ácido cítrico (Maria & Moreira, 2011).

1.3.4. Niacina

O triptofano é precursor do ácido niacínico e uma parte deste aminoácido pode ser convertida em niacina, sendo esta a única vitamina que possui como precursor um aminoácido. A via do catabolismo do triptofano é uma das mais complexas e pode seguir diversas rotas metabólicas. Em uma dessas rotas ocorre a conversão do triptofano em niacina, por meio da via metabólica da quinurenina, em que o resultado final é a conversão do ácido quinolínico ao ribonucleotídeo do ácido niacínico (Maria & Moreira, 2011).

A niacina é uma vitamina hidrossolúvel, que pertence ao grupo de vitaminas do complexo B (Maria & Moreira, 2011). Essa vitamina atua como precursora para a síntese de duas coenzimas muito importantes denominadas nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP). Essas coenzimas estão relacionadas com quase todas as reações de oxirredução no organismo, possuem papel importante no metabolismo energético das células, na reparação do DNA e síntese de rodopsina (Lehninger et al., 2014).

1.4. Exigências de triptofano digestível para codornas japonesas

Os custos com alimentação para codornas são altos e a maior parte dos gastos é com proteína e energia, uma vez que codornas de postura necessitam de mais proteína (aminoácidos) e menos cálcio na ração que galinhas poedeiras, desta forma o custo para produção de carne e ovos é mais alto em codornas (Silva et al., 2012).

O primeiro aminoácido limitante é aquele que está em menor quantidade na dieta com relação a sua exigência. Assim, quando for suprida sua necessidade, o próximo aminoácido que apresentar a menor quantidade em relação à exigência será o segundo limitante que irá determinar o desempenho do animal. Para aves, em rações baseadas em milho e farelo de soja, o primeiro aminoácido limitante é a metionina, seguida da lisina, treonina e triptofano (Pinheiro et al., 2008).

De acordo com as Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017), a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria é de 0,186% e de 0,196% na fase de recria com 24% e 23% de proteína bruta e 2.900 kcal de EM/kg de ração, respectivamente. Na postura, a exigência nutricional de triptofano digestível

varia de acordo com o peso corporal da ave, de 0,22% a 0,24% com 19% de PB e 2.800 kcal de EM/kg de ração.

Em estudo para determinar a exigência nutricional de triptofano para codornas japonesas, Rizzo et al. (2008) encontraram a exigência de 0,27% de Trp para a recria (30 a 44 dias de idade) e 0,23% de Trp para a postura, com manutenção dos mesmos níveis nutricionais de proteína e energia da dieta fornecida para esses animais. Pinheiro et al. (2008) determinaram que a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas em postura (21 à 30 semanas) foi de 0,21% da dieta.

Com relação ao triptofano, normalmente o milho e o farelo de soja da dieta suprem a exigência deste aminoácido, no entanto, em algumas situações, torna-se necessário sua suplementação, quando ocorre a ativação do sistema imune, aumenta-se o catabolismo proteico no corpo todo, em que a taxa de utilização do triptofano para o catabolismo é aumentada por meio da enzima IDO (Le Floch & Seve, 2007; Le floch et al., 2010).

De acordo com Costa et al. (2012), o triptofano pode influenciar no tamanho de alguns órgãos internos em poedeiras, e isso pode indicar sua atuação no metabolismo ou nas funções estruturais relacionados a estes órgãos. Porém, para codornas de postura este estudo não foi bem elucidado.

1.5. Influência do triptofano sobre o comportamento das aves

Existem diversas fontes internas e externas capazes de desencadear o estresse nos animais, entre elas, a dieta, temperatura, doenças, mudanças biológicas nas espécies, problemas de adaptação, entre outras. Desta forma, esses fatores causadores de estresse podem afetar de maneira negativa o desempenho, comportamento, bem-estar e a imunidade dos animais. Acredita-se que o papel do triptofano é atenuar o comportamento agressivo e controlar o estresse, tanto para humanos, quanto para os animais de produção (Shen et al., 2015).

De acordo com Sarcinelli et al. (2016), o triptofano possivelmente reduz o comportamento agressivo em codornas japonesas, contribuindo para uma produção de ovos mais eficiente. Desta forma, a suplementação, ou o uso de maiores níveis de triptofano na dieta em aves na fase inicial de vida, ou mesmo na postura, pode ser uma alternativa para diminuir o estresse das aves, e para permitir um aumento no consumo, visto que as aves sofrem estresse para se adaptarem ao lugar de alojamento, para aprenderem a se alimentar e a beber água, para produzirem ovos, além de que outro

fator estressante para aves é a temperatura de alojamento, que deve ser adequada de acordo com a idade da ave.

São poucos os estudos relacionados ao efeito do triptofano sobre codornas de postura, envolvendo o comportamento, visto que a codornas são animais agitados e que são propensas a maior incidência de ferimentos, devido suas bicadas e instinto de curiosidade. Esse comportamento pode aumentar o estresse na criação e prejudicar o desempenho e a produção de ovos nessas aves (Rizzo et al., 2008).

1.6. Contagem diferencial leucocitária e a relação heterófilo:linfócito

Os principais tipos de células sanguíneas encontradas em aves são eritrócitos, trombócitos e leucócitos. Os leucócitos se dividem de acordo com sua morfologia nuclear, em granulócitos (constituídos por heterófilos, eosinófilos e basófilos), que possuem grânulos citoplasmáticos distintos e agranulócitos ou mononucleares que compreendem os linfócitos e os monócitos (Borsa, 2009; Viana, 2010; Rosa et al., 2011; Vila, 2013).

Em muitas espécies, os heterófilos são os granulócitos mais abundantes no sangue, aumentando suas concentrações em condições de estresse leve a moderado (Rosa et al., 2011). Os eosinófilos, os basófilos, assim como os monócitos, são encontrados em pequenas quantidades em aves saudáveis. Já os linfócitos constituem o segundo tipo celular mais encontrado no sangue periférico das aves saudáveis, porém em algumas espécies podem ser as células presentes em maior quantidade no leucograma (Tarcitano, 2010; Viana, 2010).

Essas variações na leitura do leucograma com relação à quantidade das células no sangue são devidas à idade, espécie, raça, sexo, linhagem, estação do ano, duração do dia, fatores ambientais, localização geográfica, estado reprodutivo, status nutricional e estresse, além do tipo de método utilizado pelos laboratórios para a leitura do leucograma (Islam et al., 2004; Schimidt et al., 2007; Borsa, 2009).

Agentes estressores, como a temperatura, podem alterar morfológicamente e quantitativamente as células sanguíneas, visto que o sistema sanguíneo é muito sensível às mudanças de temperatura e possui essa capacidade de alterar as células sanguíneas, como resposta fisiológica da ave ao agente estressor. Desta forma, o desconforto térmico altera a quantidade de leucócitos circulantes no sangue da ave e resulta em

diminuição da imunidade do animal, no crescimento e na produção de ovos (Rosa et al., 2011).

Deve-se também considerar que alterações no perfil hematológico podem indicar uma condição de estresse no animal, que pode ter surgido devido alguma condição ambiental, nutricional ou patológica (Islam et al., 2004).

Uma forma eficiente de avaliar o grau de estresse e/ou bem-estar na ave é por meio da relação heterófilo:linfócito, que sofre alteração quando ocorre um aumento nos valores de heterófilo e uma redução nos de linfócito (Rosa et al., 2011).

De acordo com Nordi et al. (2007), em codornas, para avaliação do grau de bem-estar, pode ser utilizado o conceito das cinco liberdades, que consiste em liberdade nutricional, sanitária, ambiental, psicológica e comportamental. Desta forma, a utilização da relação heterófilo: linfócito é uma forma adequada de avaliar esse grau de bem-estar, em que a relação heterófilo:linfócito aumenta à medida que o bem-estar da ave é diminuído.

Em casos de estresse por calor, em que ocorre a alteração nos valores de leucócitos circulantes, ocorre a alteração na relação heterófilo:linfócito, em que se tem um aumento no heterófilo e redução no linfócito, visto que, como mencionado essa relação utilizada é muito eficiente como um índice sensível que mensura o estresse em aves (Borges et al., 2003).

Uma alternativa na tentativa de redução do estresse seria a suplementação com o triptofano em animais estressados, de forma que minimize os efeitos negativos, visto que o triptofano é o precursor da serotonina que influencia na sensação de bem-estar, o que irá determinar um perfil hematológico e uma relação heterófilo:linfócito adequados.

A avaliação do hemograma nas aves, ou seja, a realização da contagem diferencial leucocitária, e as informações que são fornecidas com essa análise, são muito importantes, para diagnosticar a situação de estresse no animal, visto que em codornas essas informações são escassas.

1.6.1. Leucócitos

Com relação aos heterófilos (Figura 4), existem os segmentados, presentes em quase todas as extensões sanguíneas, os imaturos, presentes em processos inflamatórios e os tóxicos (Schimidt et al., 2007). Os heterófilos são as células equivalentes ao neutrófilos em mamíferos (Borges et al., 2003). Esse tipo de célula participa do sistema imune inato, atua na fagocitose de microrganismos, e outros materiais estranhos, e na

resposta inflamatória do animal. Ainda possuem atividade bactericida, devido aos grânulos possuírem componentes como as lisozimas e proteínas que destroem a camada protetora de muitas bactérias (Viana, 2010).

As funções dos eosinófilos (Figura 4) nas aves são desconhecidas e não foi verificada a presença de eosinófilos em aves que apresentavam alta carga parasitária, porém sua presença pode estar relacionada a algum tipo de estresse ou trauma sofrido pelo animal (Viana, 2010).

Os basófilos (Figura 4) são facilmente identificados em esfregaços sanguíneos, embora sua ocorrência seja rara em mamíferos, em aves sua maior concentração é na circulação periférica (Schimidt et al., 2007; Borsa, 2009; Viana, 2010). Essas células não possuem funções muito bem estabelecidas, porém parecem estar associados ao início da inflamação aguda, no entanto a basofilia não ocorre em todas as ocasiões de inflamação aguda (Vila, 2013). De acordo com Viana (2010), os basófilos também estão associados a reações inflamatórias e de hipersensibilidade.

No processo de formação dos linfócitos (Figura 4), ocorre a formação de linfócitos B e T, os linfócitos B saem maduros da medula óssea e os linfócitos T saem imaturos, em que necessitam migrar para o timo para sofrerem o processo de maturação. Em aves, essa linfopoiese ocorre na bolsa cloacal e os linfócitos estão relacionados à resposta imune adquirida. Os linfócitos B são responsáveis pela formação de anticorpos e de imunoglobulinas e os linfócitos T pela síntese de interleucinas, eliminação das células infectadas, ativação dos linfócitos B, além de mediar a resposta imune (Viana, 2010).

Os monócitos, (Figura 4), são os maiores leucócitos encontrados no sangue periférico, e o aumento da quantidade de monócitos no sangue está relacionado a algumas doenças em aves, como micoses e afecções que ocasionam necrose tissular (Schimidt et al., 2007; Tarcitano, 2010).

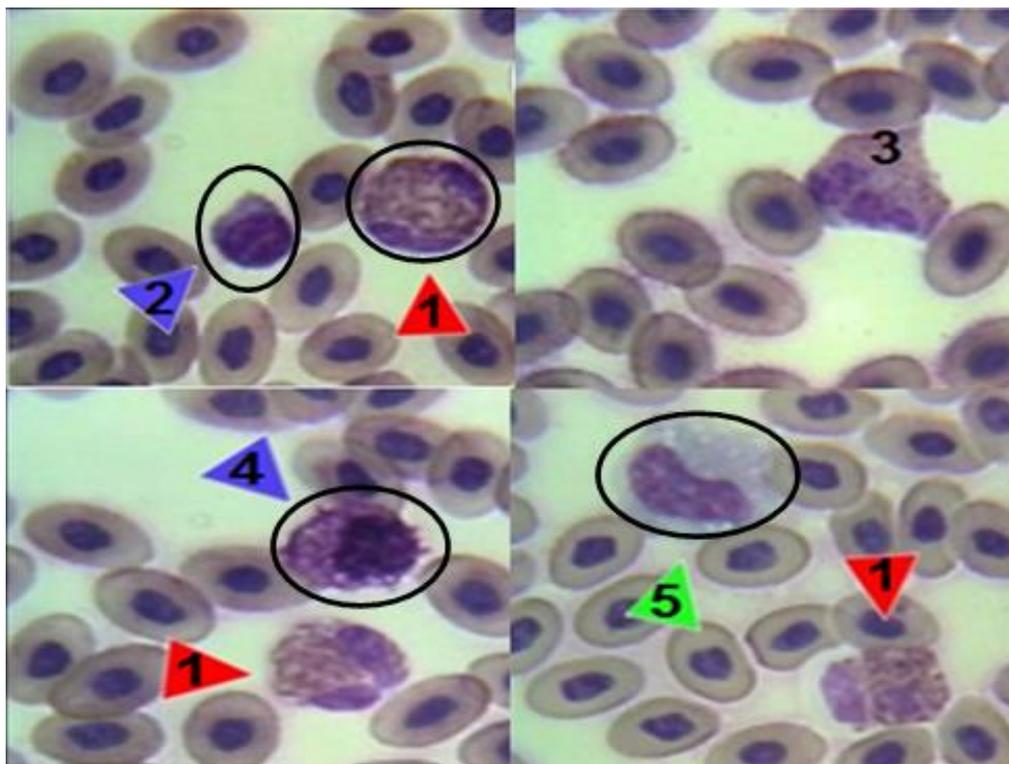


Figura 4. Heterófilo (1), linfócito (2), eosinófilo (3), basófilo (4) e monócito (5) em frangos de 42 dias (Wright/1000x). (Atlas virtual de hematologia veterinária, 2008).

Referências

- Araújo, C. S. S.; Artoni, S. M. B.; Araújo, L. F.; Junqueira, O. M.; Barbosa, L. C. G. S. e Lima, C. G. 2007. Morfometria do oviduto de poedeiras comerciais semipesadas submetidas a diferentes métodos de muda forçada. *Revista Ciência Rural* 37:241-246.
- Atlas virtual de hamtologia veterinária. Disponível em: <<http://www.vetarq.com.br/2009/08/atlas-virtual-de-hematologia.html>> Acesso em: 17/01/2018.
- Ballone, G. J. 2012. Melatonina. Disponível em: <<http://www.psiqweb.med.br/site/?area=NO/LerNoticia&idNoticia=113>> Acesso em: 10/01/2018.
- Bertechini, A. G. 2010. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: Anais do IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. Lavras, MG, Brasil.
- Borges, S. A.; Maiorka, A. e Silva, A. V. F. 2003. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Revista Ciência Rural* 33:975-981.
- Borsa, A. 2009. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. *Colloquium Agrariae* 5:25-31.
- Castilha, L. D.; Sangali, C. P.; Esteves, L. A. C.; Muniz, C. F.; Furlan, A. C.; Vasconcellos, R. S. e Pozza, P. C. 2016. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100 kg) fed low protein diets with different levels of tryptophan and B6 vitamin. *Applied Animal Behavior* 180:35-42.
- Costa, J. H. S.; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P. e Santos, L. F. D. 2012. Diferentes relações triptofano digestível:lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7:56-63.
- Emmert, J. L. e Baker, D. H. 1997. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *The Journal of Applied Poultry Research* 6:462-470.

- Gallo, S. S. M.; Ederli, N. B.; Bôa-morte, M. O. e Oliveira, F. C. R. 2014. Hematological, morphological and morphometric characteristics of blood cells from rhea, *Rhea Americana* (Struthioniformes: Rheidae): a standard for Brazilian birds. *Brazilian Journal of Biology* 77:1-10.
- Green, A. R.; Aronson, J. K.; Curson, G. e Woods, H. F. 1980. Metabolism of an oral tryptophan load. I. Effects of dose and pretreatment with tryptophan. *Brazilian Journal of Clinical Pharmacology* 10:603-610.
- Guerra, R. A. T.; Kanagawa, A. L.; Santos, C. F.; Silva, F. S.; Sousa, F. B.; Cavalcanti, G. A.; Lubenow, J. A.; Silva, M. B.; Neves, M. A. e Menezes, R. 2011. *Bioquímica Metabólica*. Ed. Universitária. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-Paraíba.
- Guzik, A. C.; Matthews, J. O.; Kerr, B. J.; Bidner, T. D. e Southern, L. L. 2006. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science* 84:2251-2259.
- Henry, Y.; Séve, B.; Colleaux, Y.; Ganier, P.; Saligaut, C. e Jégo, P. 1992. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *Journal Animal Science* 70:1873–1887.
- Huepa, L. M. D.; Sato, J.; Toledo, J. B.; Monteiro, A. N. T. R. e Pozza, P. C. 2017. Aminoácidos de cadeia ramificada na alimentação de suínos: Revisão. *Revista PUBVET* 11:1138-1150.
- Instituto brasileiro de geografia e estatística – IBGE. 2015. *Produção da Pecuária Municipal 2015*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 43:1-47.
- Instituto brasileiro de geografia e estatística – IBGE. 2016. *Produção da Pecuária Municipal 2016*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 44:1-28.
- Islam, M. S.; Lucky, N. S.; Islam, M. R; Ahad, A.; Das, B. R.; Rahman, M. M. e Siddiui, M. S. I. 2004. Haematological parameters of fayoumi, assil and local chicken s reared in sylhet region in Bangladesh. *International Journal of Poultry Science* 3:144-147.

- Jácome, I. M. D. T.; Borille, R.; Rossi, L. A.; Rizzotto, D. W.; Becker, J. A. e Sampaio, C. F. R. 2012. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. *Archivos de Zootecnia* 61:449-456.
- Koopmans, S. J.; Van Der Staay, F. J.; Le Floch, N.; Dekker, R.; Van Diepen, J. Th. M. e Jansman, A. J. M. 2012. Effects of surplus dietary l-tryptophan on stress, immunology, behavior, and nitrogen retention in endotoxemic pigs. *Journal of Animal Science* 90:241-251.
- Le Floch, N.; Otten, W.; Merlot, E. e Sève, B. 2010. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. *Amino Acids*, Springer 1-11.
- Le Floch, N. e Sève, B. 2007. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. *Livestock Science* 112:23-32.
- Lehninger, A. L.; Nelson, D. L. e COX, M. M. 2014. *Princípios de Bioquímica*, 6 th ed. Artmed, São Paulo.
- Li, Y. Z.; Baidoo, S. K.; Johnston, L. J. e Anderson, G. E. 2011. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. *Journal of Animal Science* 89:1899-1907.
- Li, Y. Z.; Kerr, B. J.; Kidd, M. T. e Gonyou, H. W. 2006. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. *Journal of Animal Science* 84:212-220.
- Lima, C. B. 2011. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para manutenção e ganho de codornas em crescimento. Tese (D.Sc.). Universidade Federal da Paraíba, Areia-Paraíba.
- Locatelli-Dittrich, R.; Gouveia, F. C. e Schmidt, E. S. S. 2000. Leucograma, AST e GGT em codornas de criação industrial – *Coturnix coturnix coturnix*, com alterações nos heterófilos. p.10. In: *Anais XXVII Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária*, Águas de Lindóia.
- Maria, C. A. B. e Moreira, R. F. A. 2011. A intrigante bioquímica da niacina – uma revisão crítica. *Revista Química Nova* 34:1739-1752.
- Matte, J. J.; Le Floch, N.; Primot, Y. e Lessard, M. 2011. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. *Animal Feed Science and Technology* 170:256-264.
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. e Morgan, C. A. 2006. *Animal Nutrition*. 6th ed. Editorial Acribia S.A., Zaragoza.

- Moreira, I. e Pozza, P. C. 2014. Metabolismo proteico. In: Nutrição de Não Ruminantes. FUNEP/UNESP, Jaboticabal-SP.
- Nordi, W. M.; Yamashiro, K. C. E.; Klank, M.; Soares, D. R.; Dittrich, R. L. e Molento, C. F. M. 2007. Diagnóstico de bem-estar de codornas japonesas utilizando a liberdade sanitária em dois sistemas de criação. Curitiba: Labea Publicações, UFPR, Curitiba-PR.
- Oldendorf, W. H. e Szabo, J. 1976. Aminoacid assignment to one of three blood-brain barrier amino acid carriers. *The American Journal of Physiology* 230:94-98.
- Pastore, S. M.; Oliveira, W. P. e Muniz, J. C. L. 2012. Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista Eletrônica Nutritime* 9:2041-2049.
- Pastuszezwska, B.; Tomaszewska-zaremba, D.; Buraczewska, L.; Swiech, E. e Taciak, M. 2007. *Animal Feed Science and Technology* 132: 49-65.
- Peixoto, R. R. e Maier, J. C. 1993. Nutrição e alimentação animal. 2th ed. EDUCAT. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.
- Pinheiro, S. R. F.; Barreto, S. L. T.; Albino, L. F. T.; Rostagno, H. S.; Umigi, R. T. e Brito, C. O. 2008. Efeito dos níveis de triptofano digestível em dietas para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1012-1016.
- Pinto, R.; Ferreira, A. S.; Albino, L. F. T.; Gomes, P. C. e Vargas júnior, J. G. 2002. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:1761-1770.
- Relandeau, C. e Le Bellego, L. 2004. Aminoacid nutrition of the broiler chicken update on lysine threonine and others aminoacids. *Ajinomoto animal nutrition In: Ajinomoto Eurolysine information* 27:1-36.
- Rezende, M. J. M.; Flauzina, L. P.; McManus, C. e Oliveira, L. Q. M. 2004. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. *Acta Scientiarum Animal Science* 26:353-358.
- Rizzo, P. V.; Guandolini, G. C.; Amoroso, L.; Malheiros, R. M. e Moraes, V. M. B. 2008. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1017-1022.

- Rosa, G. A.; Sorbello, L. A.; Dittrich, R. L.; Moraes, M. T. T. e Oliveira, E. G. 2011. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. *Revista Ciência Rural* 11:1-6.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G; Saraiva, A.; Abreu, M. L. T.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. e Brito C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG..
- Roxo, A. M. D. 2014. Efeito do rácio triptofano: lisina em regimes de baixa proteína no crescimento de suínos entre os 20-40 kg de peso vivo. Dissertação (M.Sc.) Faculdade de Medicina veterinária da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Santos, F. A.; Donzele, J. L.; Oliveira, R. F. M.; Silva, F. C. O; Abreu, M. L. T.; Saraiva, A. e Brustolini, P. C. 2007. Exigência de metionina + cistina digestíveis em suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 60 aos 95 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:2047-2053.
- Sarcinelli, M. F.; Sakomura, N. K.; Silva, E. P.; Venturini, K. S.; Dorigam, J. C. P. e revizani, I. 2016. Tryptophan intake for maintenance of Japanese quail. In: 1st International meeting of advances in animal science. Jaboticabal-São Paulo.
- Schimidt, E. M. S.; Locatelli-Dittrich, R.; Santin, E. e Paulillo, A. C. 2007. Patologia clínica em aves de produção – Uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – Revisão. *Archives of Veterinary Science* 12:9-20.
- Schomerus, C. e Korf, H. W. 2005. Mechanisms regulating melatonin synthesis in the mammalian pineal organ. *Annals of the New York Academy of Science* 1057:372-383.
- Shen, Y. B.; Voilqué, G.; Kim, J. D.; Odle, J. e Kim, S. W. 2015. Effects of increasing tryptophan intake on growth and physiological changes in nursery pigs. *Journal of Animal Science* 90:2264-2275.
- Shen, Y. B.; Voilqué, G.; Odle, J. e Kim, S. W. 2012. Dietary L-Tryptophan supplementation with reduced large neutral amino acids enhances feed

- efficiency and decreases stress hormone secretion in nursery pigs under social-mixing stress. *The Journal of Nutrition* 142:1540-1546.
- Silva, J. H. V.; Filho, J. J.; Costa, F. G. P.; Lacerda, P. B.; Vargas, D. G. V. e Lima, M. R. 2012. Exigências nutricionais de codornas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 13:775-790.
- Soares Júnior, J. M.; Holanda, F. S.; Baracat, E. T. 2008. Melatonina e puberdade: quais as evidências. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia* 30:483-485.
- Souza-Soares, L. A. e Siewerdt, F. 2005. *Aves e Ovos*. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.
- Tarcitano, C. F. 2010. Hemograma de Calopsitas (*Nymphicus hollandicus*) Criadas no Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- Thipayang, S. CIT project. 1998. Disponível em: http://www.ch.ic.ac.uk/local/projects/s_thipayang/cover.html Acesso em: 10/01/2018.
- Toghyani, M.; Tohidí, M.; Gheisari, A. A. e Tabeidian, S. A. 2010. Performance, immunity, serum biochemical and hematological parameters in broiler chicks fed dietary thyme as alternative for an antibiotic growth promoter. *African Journal of Biotechnology* 9:6819-6825.
- Viana, M. S. S. B. 2010. Características hematológicas e ocorrência de hemoparasitas em aves de rapina. Dissertação (M.Sc.). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa-Portugal.
- Vila, L. G. 2013. Hematologia em aves: Revisão de literatura. In: *Seminários Aplicados (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal)*. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Wu, G. 2013. *Aminoacids: Biochemistry and nutrition*. CRC Press, London. 482p.
- Zhang, H.; Yin, J.; Li, D.; Zhou, X. e Li, X. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domestic Animal Endocrinology* 33:47-61.

II – OBJETIVOS GERAIS

Estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas de postura em fases de cria, recria e de produção.

2.1 Objetivos específicos

- Estimar as exigências de triptofano digestível para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 7 e 8 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e produção;
- Verificar o efeito residual dos tratamentos nas fases de recria (diferentes níveis de triptofano digestível) sobre o desempenho, peso relativo dos órgãos, produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em produção (43 a 126 dias de idade);
- Avaliar o efeito dos níveis de triptofano digestível sobre o peso relativo dos órgãos de codornas japonesas aos 7, 14, 42 e 126 dias de idade;
- Determinar o efeito dos níveis de triptofano digestível sobre a contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito em codornas japonesas aos 14, 42 e 126 dias de idade;

- Examinar o efeito dos níveis de triptofano digestível sobre o comportamento na fase de recria e postura em codornas japonesas;
- Analisar o efeito dos níveis de triptofano digestível sobre a produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em postura.

III – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de cria (1 a 7 e 8 a 14 dias de idade) e verificar suas implicações no peso relativo dos órgãos, contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito. Para ambos os experimentos, foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos e 5 repetições, contendo 35 aves por unidade experimental, totalizando 875 aves. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de triptofano (0,16; 0,21; 0,26; 0,31 e 0,36%). De 1 a 7 dias de idade o peso médio, ganho de peso, consumo de ração e a conversão alimentar apresentaram efeito quadrático, sendo estimado os níveis de 0,28%, 0,28%, 0,29% e 0,27% de Trp, respectivamente e o consumo de triptofano apresentou efeito linear crescente com o aumento dos níveis de Trp ofertados. De 8 a 14 dias de idade o consumo de triptofano mostrou um aumento linear. O peso de intestino apresentou um efeito linear decrescente aos 7 dias de idade e aos 14 dias não houve efeito significativo. Com relação à contagem diferencial leucocitária, a percentagem de linfócitos aumentou e a de heterófilos diminuiu com o aumento dos níveis de triptofano. Monócitos, eosinófilos basófilo e a relação heterófilo:linfócito apresentaram efeito quadrático sendo estimados os níveis de 0,25%, 0,28%, 0,25% e 0,32% de Trp, respectivamente. Considerando os resultados, estimou-se os níveis de 0,27% de triptofano digestível para a fase de cria de 1 a 7 dias de idade e 0,16% de triptofano digestível para a fase de cria de 8 a 14 dias de idade.

Palavras-chave: aminoácido, coturnicultura, crescimento, perfil hematológico

III – Standardized ileal digestible tryptophan requirements for Japanese quail in the initial growth phase

ABSTRACT – Two experiments were conducted with the aim of estimating the nutritional requirements of standardized ileal digestible tryptophan (SID Trp) for Japanese quails in the initial growth phase (1 to 7 days and 8 to 14 days old), and to verify the implications on organ weight, leukocyte differential count and heterophil:lymphocyte ratio. A completely randomized design was used for the two experiments, involving five treatments, five replicates and 35 quails per experimental unit, with a total of 875 quails. The treatments consisted of five tryptophan levels (0.16, 0.21, 0.26, 0.31 and 0.36%). From 1 to 7 days, mean weight, weight gain, food intake and feed conversion showed a quadratic effect, with levels of 0.28%, 0.28%, 0.29% and 0.27% of Trp, respectively and the tryptophan intake presented a increasing linear effect with the increase levels of tryptophan offered. From 8 to 14 days, tryptophan intake presented a increasing linear effect. The weight of the intestines revealed a decreased linear effect at 7 days and at 14 days there was no significant effect. With respect to the leukocyte differential count, the percentage of lymphocyte increased and the percentage of heterophil decreased with increasing levels of tryptophan. Monocytes, basophilic, eosinophils and the heterophil:lymphocyte ratio show a quadratic effect, with levels of 0.25%, 0.28%, 0.25% and 0.32% of Trp respectively. SID Trp levels of 0.27% were estimated at 1 to 7 days old, and 0.16% at 8 to 14 days.

Keywords: amino acid, coturniculture, growth, hematological profile

Introduction

Quails demand high levels of protein and amino acids relative to other species, and accordingly, studies of this species have tended to explore improvements in its performance (Silva et al., 2012). Nutritional requirements must be respected during all developmental phases, but particularly in the initial phases, as amino acid requirements are greatest at this stage, influencing the animal's development, sexual maturity and hence zootechnical performance in the future.

According to the ideal protein concept, supplementation of amino acids and tryptophan in poultry's diets is necessary (Pastuszewska et al., 2007). Diets that are deficient in tryptophan may impair protein synthesis and other metabolic pathways such as of kynurenine, serotonin and melatonin (Le Floc'h et al., 2010). In this way, this deficiency can affect the immune response, behavior, food intake and consequently the performance and growth of the animal.

The kynurenine pathway is responsible for the regulation of the immune response and for the homeostasis of tryptophan in the animal's body. The serotonin pathway is related to the regulation of the animal's behavior: stress, food intake, appetite, and certain intestinal functions. The melatonin pathway is involved in regulating birds' circadian rhythm pertaining to sleeping and awake states (Henry et al., 1992; Castilha et al., 2016; Le Floc'h et al., 2010). These pathways are complex and are dependent on tryptophan.

It is important to emphasize the difficulty of determining the amount of tryptophan needed for each pathway. Nevertheless, it is known that the most of the tryptophan that is degraded will be converted to kynurenine by enzymes TDO or IDO, in which this catabolism may decrease in cases of inflammation or infection (viral, bacterial or parasitic) for synthesis of acute phase proteins. Therefore, a smaller amount of tryptophan will be transformed into serotonin and melatonin (Le Floc'h et al., 2010).

Owing to the lack of research pertaining to nutritional requirements in the initial growth phase, and their potential implications for laying quails, the aim of this study was to estimate the nutritional requirement of SID Trp for Japanese quails at 1 to 7 and 8 to 14 days old, with the objective of maximizing zootechnical performance and verifying its effects on organ weight, leukocyte differential count and heterophile:lymphocyte ratio.

Material and methods

The following experimental procedure was approved by the Brazilian Animal Ethics Committee (Protocol N°. 9290010817/2017).

Experiment I and II – SID tryptophan nutritional requirements in the initial growth phase (1 to 7 days and 8 to 14 days old)

Animals, installations and experimental design

The experiments were carried out in the sector of coturniculture of the Experimental Farm of Iguatemi (FEI), Maringá, Paraná, in May 2016.

A total of 1,750 female quails of 1 day of age were used. In the first experiment (1-7 days old), 875 quails of one day of age were distributed in a completely randomized design, with five levels of SID tryptophan containing five replicates and 35 birds per experimental unit.

In the second experiment (8-14 days), 875 quails of eight days of age were distributed in a completely randomized design, with five levels of SID tryptophan containing five replicates and 35 birds per experimental unit. The levels utilized in both experiments were 0.16, 0.21, 0.26, 0.31 and 0.36% of Trp.

In each experiment the quails were housed in a conventional shed, divided into 25 boxes of 5.0 m². Each box was considered an experimental unit. The animals were raised conventionally, with water and feed *ad libitum*.

Light program used was by means of natural light and average data of temperature (20.07°C and 25.54°C) and relative humidity (72.08% and 56.99%) were collected in the beginning of the morning and at the end of the afternoon by means of thermohygrometers.

Diet

The diets were formulated based on the recommendations and values of the chemical compositions of foods according to Rostagno et al. (2011), with the exceptions of corn, soybean meal and corn gluten, which were analyzed in a specialized laboratory using the near infrared spectroscopy (NIRS) methodology.

Table 1. Centesimal and nutritional composition of experimental diets for Japanese quails in the initial growth phase

Ingredients	SID tryptophan (%)				
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36
Corn (7.87%)	62.880	62.880	62.880	62.880	62.880
Soybean meal (46%)	19.356	19.356	19.356	19.356	19.356
Corn gluten (63%)	4.866	4.735	4.603	4.472	4.340
Glutamic acid	3.561	3.615	3.669	3.723	3.778
Limestone	1.185	1.185	1.185	1.185	1.185
Dicalcium phosphate	1.577	1.578	1.578	1.578	1.579
Salt	0.401	0.401	0.401	0.401	0.401
L- Lysine HCL (98.50%)	0.558	0.560	0.562	0.563	0.565
DL-Methionine (99.00%)	0.218	0.222	0.225	0.229	0.232
L-Threonine (99.00%)	0.257	0.260	0.262	0.265	0.267
L-Tryptophan (98.00%)	0.000	0.051	0.103	0.154	0.205
L-Valine (98.50%)	0.242	0.246	0.249	0.253	0.257
Vitamin and mineral mixture ¹	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Inert ²	4.500	4.514	4.528	4.542	4.556
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated Values					
Metabolizable Energy (Kcal.kg ⁻¹)	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Crude Protein (%)	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Calcium (%)	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
Available Phosphorus (%)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Sodium (%)	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176
Potassium (%)	0.543	0.543	0.543	0.543	0.543
Chlorine (%)	0.383	0.383	0.383	0.383	0.383
SID lysine (%)	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120
Methionine+digestible cystine(%)	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760
SID threonine (%)	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790
SID tryptophan (%)	0.160	0.210	0.260	0.310	0.360
SID valine (%)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
digestible Trp:lysine ratio (%)	14.285	18.750	23.214	27.678	32.142
EB (mEq/kg ⁻¹) ³	107.56	107.56	107.56	107.56	107.56

¹Vitamin/mineral supplementation (guaranteed levels per kg of feed); ²Washed fine sand; ³Electrolyte balance in the diet; Trp: Tryptophan; retinol acetate –

4,500,000 UI; cholecalciferol – 1,250,000 UI; dl- α -tocopheryl acetate – 40 mg; thiamine hydrochloride – 2.78 mg; riboflavin – 20 mg; pyridoxine hydrochloride

– 5.25 mg; cyanocobalamin – 50 mg; menadione nicotinamide bisulphite – 10.07 mg; D-calcium pantothenate – 40 mg; niacin acid – 100 mg; choline chloride –

1,400 mg; zinc oxide – 315 mg; ferrous sulphate – 245 mg; manganese sulphate – 387.5 mg; copper sulphate – 76.56 mg; cobaltous sulfate heptahydrate – 1 mg;

potassium iodate – 4.84 mg; sodium selenite – 1.27 mg; butylated hydroxytoluene – 50 mg

Performance

The quails and feed were weighed at the beginning of the experiment and at 7 and 14 days of age to evaluate performance in terms of final mean weight (g), weight gain (g), feed intake (g), feed conversion, digestible tryptophan intake (mg.ave.dia⁻¹), and viability.

Organs relative weight

At 7 and 14 days old, ten birds from each treatment were slaughtered in order to ascertain the weight of their organs. The slaughter was carried out after the birds had undergone a fasting period of six hours. The birds were individually weighed in order to obtain their live weight at slaughter. The quails were eviscerated and the following organs were weighed: pancreas (g), pro-ventricle (g), liver (g), intestine (g), lung (g), and heart (g). The relative weight (%) corresponds to the division of the organ weight (g) by the weight of the bird (g) multiplied by 100. The intestine length (cm) was also measured.

Leukocyte differential count and heterophil:lymphocyte ratio

The leukocyte differential count was realized at 14 days old. Blood samples of two birds per experimental unit were collected by jugular vein puncture and using a heparinized syringe, with a total of 50 samples. A small blood sample was used to make blood smears on glass slides, which were stained using the May Grunwald-Giemsa method. The smears were then observed under a light microscope (Motic®, ds 300, Xiemen, China) with an objective of 1000x. In this methodology, 100 leukocytes from each glass slide were examined and counted using the app MsCounter2, making it possible to calculate and determine the percentage of each of the basic leukocytes. Heterophil:lymphocyte ratio was obtained by dividing the percentage of heterophils by the percentage of lymphocytes.

Statistical analysis

Statistical analysis of the data for the two experiments was performed using the statistical program RStudio (R Core Team, 2014). An assumption of the residues' normality was verified using the normality test (Shapiro-Wilk).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon_{ik}$$

wherein:

Y_{ik} = variable measured in experimental unit k, fed with a diet containing level i of Trp;

β_0 = general constant;

β_1 = effect of Trp;

β_2 = effect of Trp squared;

ϵ_{ik} = random error associated with each observation.

The variables that showed the effects of the treatments were submitted to polynomial regression analysis in order to determine the models of best fit (linear or quadratic), according to the best fit of the data obtained for each variable. Through the use of the quadratic model it was possible to estimate the values of the nutritional requirements.

Results

The variables of mean weight (MW), weight gain (WG), feed intake (FI) and feed conversion (FC) showed a quadratic effect for the levels of SID tryptophan in laying quails aged 1 to 7 days (Table 2). The estimated level for mean weight was 0.28% of Trp; weight gain was 0.28% of Trp; feed intake was 0.29% of Trp; and feed conversion was 0.27% of Trp. The intake of SID tryptophan showed an increasing linear effect with Trp levels. For these optimal levels obtained at 1 to 7 days old, MW (21.23 g), WG (14.98 g), FI (28.03 g.ave⁻¹) and FC (1.86 g.g⁻¹).

In the case of the quails aged 8 to 14 days, no effect was identified between the performance variables and the different levels of SID tryptophan, with the exception of the intake of SID tryptophan, which also presented an increasing linear effect (Table 3).

In terms of the relative organ weight of the Japanese quail at 7 days, a decreasing linear effect of SID tryptophan on the relative weight of the intestine was noted (Table 4). When we analyzed the results obtained for the relative weight of organs at 14 days old, no effect was observed for any variable analyzed (Table 5).

In relation to the leukocyte differential count, some variables had a quadratic effect and others a linear effect for the SID tryptophan in laying quails at 14 days (Table 6). The heterophiles presented a decreasing linear effect and the lymphocytes presented an increasing linear effect. The level of monocyte estimated was 0.25% of Trp, eosinophil

Table 3. Performance of Japanese quails in the initial growth phase (8-14 days old) as a function of digestible tryptophan levels

Variables	SID Trp(%)					SEM
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	
MW (g)	41.60	42.15	42.68	42.30	41.48	0.282
WG (g)	19.63	19.75	20.28	20.09	19.47	0.194
FI (g.bird ⁻¹)	51.43	49.81	52.73	49.84	50.70	0.679
FC (g.g ⁻¹)	2.62	2.52	2.60	2.48	2.61	0.030
VIA (%)	93.14	92.00	94.86	96.00	95.43	0.918
TI (mg.bird.day ⁻¹)	11.76	14.94	19.58	22.07	26.07	1.056
			p-value		Estimates	
Regression equations			SID Trp		R ²	SID Trp (%)
TI=0.283+71.548Trp			<0.001(L)		0.87	-

SID Trp: Standardized digestible tryptophan; SEM: standard error of mean; MW: mean weight; WG: weight gain; FI: feed intake; FC: food conversion; VIA: viability; TI: tryptophan intake; R²: determination coefficient; L: linear effect

Table 4. Organs relative weight in japanese quails at 7 days old as a function of digestible tryptophan levels

Variables	SID Trp (%)					SEM
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	
Pro-ventricle (%)	0.84	0.78	0.90	0.84	0.83	0.028
Intestine (%)	4.50	4.41	4.06	3.90	3.59	0.161
IL (cm)	28.09	27.61	28.63	26.74	26.69	0.402
Liver (%)	4.50	4.72	4.42	4.46	4.32	0.106
Lung (%)	0.77	0.73	0.79	1.05	0.73	0.067
Heart (%)	1.15	0.93	1.05	1.02	1.11	0.031
Regression equations	p-value		R ²	Estimates		
	SID Trp			SID Trp (%)		
Intestine=5.301-4.656Trp	<0.038(L)		0.99	-		

SID Trp: Standardized digestible tryptophan; SEM: standard error of mean; cm: centimeters; IL: intestine length; R²: determination coefficient; L: linear effect

Table 5. Organs relative weight in japanese quails at 14 days old as a function of digestible tryptophan levels

Variables	SID Trp (%)					SEM
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	
Pâncreas (%)	0.32	0.32	0.31	0.34	0.34	0.014
Pro-ventricle (%)	0.57	0.64	0.68	0.63	0.67	0.020
Intestine (%)	3.52	3.75	3.62	4.01	3.83	0.109
IL (cm)	35.75	37.00	33.70	37.27	36.51	0.834
Liver (%)	3.17	3.12	3.14	3.34	3.39	0.057
Lung (%)	0.81	0.79	0.80	0.82	0.81	0.014
Heart (%)	0.93	0.94	0.99	1.00	0.96	0.023

SID Trp: Standardized digestible tryptophan; SEM: standard error of mean; cm: centimeters; IL: intestine length

Table 6. Leukocyte differential count and heterophil:lymphocyte ratio in Japanese quails at 14 days old as a function of digestible tryptophan levels

Variables	SID Trp (%)					SEM
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	
Heterophile (%)	60.40	47.00	37.40	37.20	29.80	2.176
Lymphocyte (%)	26.60	40.00	51.60	51.80	59.40	2.370
Monocyte (%)	2.00	2.00	1.00	2.00	2.60	0.191
Eosinophil (%)	8.00	4.00	6.00	4.00	5.60	0.370
Basophile (%)	3.00	7.00	4.00	5.00	2.60	0.373
H:L	2.29	1.18	0.73	0.72	0.50	0.133

Regression equations	p-value	R ²	Estimates
	SID Trp		SID Trp (%)
H=117.555-459.943Trp	<0.001(L)	0.94	-
L=35.505+496.514Trp	<0.001(L)	0.94	-
M=7.019-45.143Trp+91.429Trp ²	<0.043(Q)	0.87	0.25
E=20.894-116.571Trp+205.714Trp ²	<0.011(Q)	0.52	0.28
B=9.963+125.143Trp-251.429Trp ²	<0.002(Q)	0.41	0.25
H:L=7.177-41.241Trp+63.771Trp ²	<0.001(Q)	0.93	0.32

SID Trp: Standardized digestible tryptophan; SEM: standard error of mean; H: heterophile; L: lymphocyte; M: monocyte; E: eosinophil; B: basophile; H:L: heterophile:lymphocyte ratio; R²: determination coefficient; L: linear effect; Q: quadratic effect

Discussion

From 1-to-7 days old the MW, WG and FI increase until reaching the optimum level of SID Trp; that is, until the point where the curve becomes inflected and animals stop responding to an increase in tryptophan in the feed. These results show that Japanese quails have limited body growth and that levels of SID tryptophan that go beyond their requirements may inhibit the bird's performance at that phase.

Thus, as feed conversion deteriorates, a reduction in mean weight, feed intake and weight gain related to the two highest levels of SID tryptophan offered in the diet can be observed, which indicate the relationship of these variables in affecting performance, that is, these variables respond as one. Thus, the bird does not respond to an increase in digestible tryptophan in the diet, in which higher levels of digestible tryptophan can be made available to the kynurenine pathway or to the synthesis of metabolites. According to Landeiro and Quarantini (2011), the administration of tryptophan can increase the synthesis of serotonin twice; however, this does not necessarily mean that the release of serotonin will occur.

Tryptophan is a precursor of serotonin (5-TH), a neurotransmitter that regulates gastrointestinal functions, behavior and in appropriate doses it stimulates consumption.

In this case it may have induced increased consumption up to the level of SID tryptophan (0.29%), but at doses above this requirement, serotonin becomes related to satiety (Henry et al., 1992; Le Floc'h et al., 2010; Feijó et al., 2011).

According to Zhang et al. (2007), higher levels of tryptophan can stimulate an increase in the tryptophan intake and consecutively higher levels of ghrelin, which ghrelin constitutes the hormone responsible for stimulating appetite. A rise in the ingestion of tryptophan increases the expression of ghrelin in the gastric fundus, and consequently increases its levels in blood plasma.

In situations where the diet is high in crude protein, it usually contains large amounts of neutral amino acids that compete with tryptophan, potentially causing reduced feed intake. In other words, unbalanced diets in which tryptophan competes with neutral amino acids may result in a reduction in the synthesis of serotonin and in feed intake (Henry et al., 1992). However, this situation does not occur when using the concept of ideal protein, marked by a balanced diet that meets the bird's requirements and amino acids supplement tryptophan.

According to Allen and Young (1980), a deficiency in protein can result in reduced feed intake and a loss of body weight in birds. Therefore, the SID Trp requirements estimated in Experiment I for MW, WG, FI and FC are sufficient to their respective estimated optimal levels, maximizing the performance of these birds in the initial phase, which will in turn determine their future growth and development.

It was also verified that the lowest level of SID tryptophan corresponds to the lowest MW, FI and WG, and consequently leads to an inferior FC in Japanese quails aged 1 to 7 days. These results corroborate those obtained by Costa et al. (2012), suggesting that a deficiency in serotonin is associated with reduced feed intake and leads to lower weight gain. In addition, adequate levels of tryptophan may increase gastric emptying rate and glucose absorption, increasing consumption and improving performance (Ponter et al., 1994; Le floc'h and Seve, 2007).

The performance variables were not influenced by the levels of SID Trp in Experiment II, except for the tryptophan intake, indicating that the lowest level of SID Trp (0.16%) was sufficient to meeting the requirements for adequate performance in laying quails aged 8 to 14 days.

According to Rostagno et al. (2017), the nutritional requirement of SID Trp for Japanese quails in the initial growth phase is 0.186%, including 24% crude protein and 2,900 kcal ME / kg of feed. It was observed that the result obtained in the present study

at 8 to 14 days (0.16%) is close to the result determined by these authors for the phase of initial growth (1 to 14 days old).

Therefore, considering the estimated results and with the aim of maximizing performance obtained as a function of FC, the diets of Japanese quails in the initial growth phase, 1 to 7 days old, can be formulated with 0.27% of SID Trp and a tryptophan:lysine ideal ratio of 23%. At 8 to 14 days they may be formulated with 0.16% of SID Trp and a tryptophan: lysine ideal ratio of 14%.

Thus, this lower requirement for SID Trp in the period of 8 to 14 days old determined in the present study owes to the provision of an adequate diet that meets the quails' nutritional requirements, hence the minimum offered in SID Trp is sufficient for their proper development.

According to Rezende et al. (2004), the intestine reaches its peak growth between the 8th and 10th day, and in this study it was observed that for the levels of 0.16%, 0.21% and 0.26% of SID Trp at 7 days old, the highest intestinal weights of Japanese quails were evident, indicating that higher levels may impair gut development due to the decrease in gut weight as the level of tryptophan increases.

It was observed that the lower tryptophan level of the diet provided the greatest intestinal weight. This can possibly be explained by the fact that when tryptophan exists in great quantities in the diet, it may be directed to its main pathway, since the metabolism of tryptophan by the kynurenine pathway appears to be 10 times more important than the serotonin pathway. In order to assist in obtaining the acquired immunity of these birds, even in these early days the intestine undergoes intense development, with the lower level in tryptophan suitable for obtaining the greatest intestinal weight in Japanese quails (Le Floc'h and Seve, 2007).

At 14 days of age, the relative weight of all organs was not influenced by the levels of tryptophan digested. It is important to note that the fact that tryptophan influences the intestine weight as observed may indicate that this amino acid participates in some way in the metabolic functions that are related to these organ, which also influences their development in Japanese quails (Costa et al., 2012).

In the present study, at 14 days a reduction in the percentage of heterophil and in the heterophile:lymphocyte ratio was observed with the increase in SID tryptophan levels. Thus, the lowest levels of digestible tryptophan correspond with a higher percentage of heterophiles, indicating greater stress in these birds, and this may be related to a lower synthesis of serotonin, which plays a role in regulating behaviors such

as mood and stress. The inverse occurs with an increase in the percentage of lymphocytes with rising levels of digestible tryptophan.

A large variation in the values obtained for the heterophile:lymphocyte ratio at 14 days old was observed, and this can be attributed to the fact that these birds have recently experienced a form of management, including the removal of the heating fountain (since the experiment was conducted in winter), exchange of feeders, drinking fountains and environment at the beginning of Experiment II. Therefore, these birds need to be readapted to their environment.

According to Gross and Siegel (1983), the heterophil:lymphocyte ratio proves to be a good indicator of social stress. These authors determined that three values are used to identify hens' stress levels, which are based on the quotient between heterophiles and lymphocytes (H:L): 0.2 indicating low stress, 0.5 intermediate stress, and 0.8 high stress.

This evaluation at 14 days shows that higher levels of SID tryptophan (0.26%, 0.31% and 0.36%) indicate intermediate stress, and levels of 0.16% and 0.21% of SID tryptophan indicate high stress. In this way, tryptophan affects performance as it maintains well-being and a good immunity for Japanese quail, possibly through mechanisms related to the kynurenine pathways.

At 14 days old, it was verified that some values extrapolated the values established by Gross and Siegel (1983) for classification regarding the degree of stress. In these situations, they indicate a high degree of stress in Japanese quails, which corresponded to lower levels of tryptophan offered in the diet. Considering that quails are typically agitated and stressed birds, behavior may have also influenced these higher values.

Therefore, the heterophil:lymphocyte ratio is a parameter that is very efficient in measuring the degree of well-being in birds. Certainly, this relationship was shaped by the increase in heterophiles and the reduction in lymphocytes, inducing a reduction in the well-being of the animal (Rosa et al., 2011).

Regarding the immune response, these results confirm the important role of SID Trp, the enzyme indoleamine 2,3-dioxygenase (IDO), and its products in immune response, in the case of inflammatory processes, in the situation of immune response key processes in the activation and proliferation of T lymphocytes are inhibited (Pedrosa, 2006; Le Floc'h et al., 2010).

Thus, in the present study, given the lack of health challenges or stressors that could result in inflammatory processes or in a state of stress, it was observed that even

the highest levels of digestible tryptophan stimulated an increase in the number of lymphocytes, indicating a situation of well-being.

The values of hematological parameters for the quails obtained in this study are important in order to obtain reference values for this species in the initial growth phase, owing to the scarcity of information on the present subject in the literature.

Conclusion

The requirement of SID Trp for 1-to-7 days old quails is 0.27%, resulting in tryptophan:lysine ratio of 23% and SID tryptophan intake of 5.57 mg. From 8 to 14 days old, 0.16% of SID Trp, 14% of SID tryptophan:lysine ratio and SID tryptophan intake of 11.76 mg in diets with the same nutritional levels of protein and energy. Thus, given the importance of properly determining requirements in the initial phases, it was concluded that the greater differential in the phase of initial growth facilitates a more accurate estimation of the nutritional requirement for laying Japanese quails, maximizing performance and egg production in the future

References

- Allen, N. K., and R. J. Young. 1980. Studies on the amino acid and protein requirements of laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poult. Sci.* 59:2029-2037.
- Castilha, L. D., C. P. Sangali, L. A. C. Esteves, C. F. Muniz, A. C. Furlan, R. S. Vasconcellos, and P. C. Pozza. 2016. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100 kg) fed low protein diets with different levels of tryptophan and B6 vitamin. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 180:35-42.
- Costa, J. H. S., E. P. Saraiva, F. G. P. Costa, and L. F. D. Santos. 2012. Diferentes relações triptofano digestível: Lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. *Rev. Verde Agroecologia e Desenvol. Sustent.* 7:56-63.
- Feijó, F. M., M. C. Bertoluci, and C. Reis. 2011. Serotonina e controle hipotalâmico da fome: uma revisão. *Rev. Assoc. Med. Bras.* 57:74-77.
- Gross, W. B., and H. S. Siegel. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis.* Athens. 27:972-979.

- Henry, Y., B. Séve, Y. Colleaux, P. Ganier, C. Saligaut, and P. Jégo. 1992. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *J. Anim. Sci.* 70:1873-1887.
- Landeiro, F. M., and L.C. Quarantini. 2011. Obesidade: controle neural e hormonal do comportamento alimentar. *Rev. Ciênc. Méd. Biol.* 10: 236-245.
- Le Floch, N., W. Otten, E. Merlot, and B. Séve. 2010. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. *Amino Acids*, Springer. 1-11.
- Le Floch, N., and B. Séve. 2007. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. *Livest. Sci.* 112:23-32.
- Pastuszewska, B., D. Tomaszewska-zaremba, L. Buraczewska, E. Swiech, and M. Taciak. 2007. Effects of supplementing pig diets with tryptophan and acidifier on protein digestion and deposition, and on brain serotonin concentration in young pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 132: 49-65.
- Pedrosa, A. M. C. 2006. Triptofano, melatonina e seus produtos de oxidação: Ações sobre os linfócitos T. Tese (D.Sc.). Univ. São Paulo, São Paulo.
- Ponter, A. A., N. O. Cortamira, B. Sève, D. N. Salter, and L. M. Morgan. 1994. Intra-gastric tryptophan reduces glycemia after glucose, possibly via glucose-mediated insulinotropic polypeptide (GIP) in early weaned piglets. *J. Nutr.* 124: 259–267.
- R development core team. 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Acessado Nov. de 2017. <<http://www.rproject.org.2014>>.
- Rezende, M. J. M., L. P. Flauzina, C. McManus, and L. Q. M. Oliveira. 2004. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. *Acta Sci. Anim. Sci.* 26:353-358.
- Rosa, G. A., L. A. Sorbello, R. L. Dittrich, M. T. T. Moraes, and E. G. Oliveira. 2011. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. *Rev. Ciênc. Rural.* 11:1-6.

- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, M. I. Hannas, J. L. Donzele, N. K. Sakomura, F. G. Perazzo, A. Saraiva, M. L. T. Abreu, P. B. Rodrigues, R. F. Oliveira, S. L. T. Barreto, and C. O. Brito. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4th Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 th Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Silva, J. H. V., J. J. Filho, F. G. P. Costa, P. B. Lacerda, D. G. V. Vargas, and M. R. Lima. 2012. Exigências nutricionais de codornas. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13:775-790.
- Zhang, H., J. Yin, D. Li, X. Zhou, and X. Li. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domest. Anim. Endocrinol.* 33:47-61.

IV – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de recria

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro para estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de recria (15 a 42 dias de idade) e verificar suas implicações no peso relativo dos órgãos, contagem diferencial leucocitária, relação heterófilo:linfócito e comportamento. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos, 5 repetições, contendo 30 aves por unidade experimental, totalizando 750 aves. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de triptofano (0,16; 0,21; 0,26; 0,31 e 0,36%). Considerando os resultados, estimou-se os níveis de 0,16% de triptofano digestível, devido a não ocorrência de efeito significativo dos níveis de triptofano digestível sobre as variáveis de desempenho. O segundo experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito residual do triptofano digestível na fase de postura. As aves foram realojadas em gaiolas de postura, contendo 12 codornas por unidade experimental, de acordo com as unidades experimentais aos quais pertenciam na fase de recria, totalizando 300 aves. Neste período, foi ofertada uma dieta convencional para todas as aves deste experimento. Apenas a idade ao 1º ovo exibiu efeito significativo, em que apresentou efeito quadrático, sendo estimado o nível de 0,25% de triptofano digestível. Desta forma, devido à importância da adequada determinação da exigência nutricional de acordo com as diferentes fases do crescimento em codornas, concluí-se que com relação à exigência de triptofano digestível na recria, a redução na quantidade de triptofano digestível usualmente ofertado em dietas convencionais, indica não afetar o desempenho e crescimento da ave nessa fase. Além de que o triptofano digestível não apresenta efeitos residuais na postura em longo prazo, de modo que justificasse seu uso com esse objetivo. Porém, é importante notar que o triptofano digestível pode ser empregado na coturnicultura para uma redução na idade ao 1º ovo em codornas, sem afetar a produção de ovos.

Palavras-chave: aminoácido, células sanguíneas, comportamento, leucograma, produção de ovos

IV – Digestible tryptophan requirement for japanese quail in rearing phase

ABSTRACT –Two experiments were conducted, the first aimed to estimate the nutritional requirement of standardized ileal digestible (SID) tryptophan for japanese quails at the rearing phase (15 to 42 days of age) and verify its implications on organ weights, leukocyte differential count, heterophil:lymphocyte ratio and behavior. A completely randomized design (ICD) was used with 5 treatments, 5 replicates, containing 30 birds per experimental unit, totaling 750 birds. The treatments consisted of five tryptophan levels (0.16, 0.21, 0.26, 0.31 and 0.36%). Considering the results, the levels of 0.16% of digestible tryptophan were estimated, due to the non-occurrence of a significant effect of the levels of digestible tryptophan on the performance variables. The second experiment was conducted with the objective of evaluating the residual effect of SID tryptophan in the laying phase. The birds were rehoused in laying cages containing 12 quails per experimental unit, according to the experimental units to which they belonged in the rearing phase, totaling 300 birds and only a conventional diet was fed to all birds. Only the age at the first egg showed a significant effect, in which showed a quadratic effect, and the level of 0.25% digestible tryptophan was estimated. Therefore, due to the importance of the proper determination of the nutritional requirement according to the different phases of growth in quails, it was concluded that in relation to the requirement of SID tryptophan in the rearing, the reduction in the amount of SID tryptophan usually offered in conventional diets indicates not to affect the performance and growth of the bird in this phase. In addition, SID tryptophan has no residual effects on long-term laying, so as to justify its use for this purpose. However, it is important to note that SID tryptophan can be used in coturniculture for a reduction in age at 1st egg in quails, without affecting egg production.

Keywords: amino acid, behavior, blood cells, egg production, leukogram

4.1. Introdução

A proteína é um nutriente muito importante, assim como os aminoácidos que a compõem, desta forma, a fim de aumentar o conhecimento sobre os aminoácidos e suas funções para as codornas de postura, assim como definir sua correta exigência para essa espécie, esse estudo pretende ampliar o conhecimento sobre o aminoácido triptofano para codornas japonesas durante a recria, visto que o triptofano é um aminoácido essencial para as aves e possui envolvimento em diversas funções metabólicas, além de ser um componente estrutural de todas as proteínas e precursor da síntese de serotonina e melatonina (Rizzo et al., 2008).

O triptofano é um aminoácido essencial, envolvido em diversas vias metabólicas e requerido para a síntese de muitos metabólitos que são essenciais para o animal. Esse aminoácido participa da via de transaminação para formação dos indóis, na via da serotonina que posteriormente é convertida a melatonina, na via da quinurenina, responsável pela homeostase e regulação da resposta imune. Esta via ainda permite a formação das quinureninas, niacina, NAD, NADP, acetil-CoA e alguns metabólitos com potencial antioxidante ou neurotóxico (Wu, 2013; Le Floch & Seve, 2007; Le Floch et al., 2010).

A serotonina é um neurotransmissor que pode afetar o comportamento, apetite, imunidade, entre outros. Suas principais funções são promover o bem-estar animal e reduzir a agressividade, assim como estimular o consumo pelos animais. Maiores níveis de triptofano poderão ser convertidos em serotonina por meio da via da serotonina, resultando em maiores quantidades de serotonina para desempenhar suas funções (Guzik et al., 2006; Li et al., 2011).

A contagem diferencial leucocitária é interessante para determinar o status sanitário do animal e, juntamente com a relação heterófilo:linfócito, o grau de estresse nas aves. De acordo com Gross & Siegel (1983), a relação heterófilo:linfócito parece ser o indicador mais confiável do estresse social. E a realização dessas análises nos permite identificar a atuação do triptofano na melhora da imunidade e redução do estresse nas aves.

A avaliação do comportamento em codornas constitui uma alternativa interessante para a verificação de uma possível redução na agressividade e aumento no bem-estar, visto que o triptofano pode atenuar comportamentos agressivos e melhorar parâmetros

imunológicos dos animais, contribuindo para a melhora na saúde e desempenho desses animais (Sarcinelli et al., 2016).

De acordo com as Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2017), a exigência de triptofano digestível para codornas japonesas em recria é de 0,196%. O NRC (1994) recomenda 0,22% de triptofano digestível no crescimento. No entanto, Rizzo et al. (2008), recomendam 0,25% de triptofano digestível na recria (30-44 dias de idade), e Silva & Costa (2009) indicam ser adequado 0,150% de triptofano digestível na fase de recria.

Devido à divergência de informações relacionadas à exigência de triptofano digestível na fase de recria e seus possíveis efeitos em codornas japonesas, o objetivo deste trabalho foi estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na recria (15 a 42 dias de idade), visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre o peso relativo dos órgãos, a contagem diferencial leucocitária, a relação heterófilo:linfócito e o comportamento, além de verificar o efeito residual do triptofano fornecido na fase de recria sobre a fase de postura.

4.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados seguem as normas do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 9290010817/2017).

Experimento I – Exigência nutricional de triptofano digestível na fase de recria (15 a 42 dias de idade)

4.2.1. Animais, instalações e manejo

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de maio a junho de 2016. Foram utilizadas 750 codornas japonesas de um dia de idade, fêmeas, obtidas de um criatório comercial (linhagem Vicami) em Assis-SP.

As codornas foram alojadas em galpão convencional em boxes de 2,5 m² com uma densidade de 700 cm² / ave, no qual essas aves foram criadas convencionalmente até o início do período experimental. Aos 15 dias de idade as codornas foram alojadas de

acordo com o delineamento experimental adotado para a determinação das exigências nutricionais de Trp na recria.

Foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) como fonte de aquecimento, permanecendo ligadas por 24 horas até o 10º dia. Foram utilizados círculos de proteção e a cama de palha de arroz foi forrada com um papelão até o 14º dia. A água e ração foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Foram coletados dados médios de temperatura (20,07°C e 25,54°C) e umidade relativa do ar (72,08% e 56,99%) no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros, localizados no início e no final do galpão. O programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural.

Para monitoramento do ambiente a temperatura do globo negro, a temperatura relativa do ar, a velocidade do ar e a umidade relativa foram mensuradas a cada hora. A partir dos dados do ambiente térmico interno dos galpões, calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), de acordo com a equação: $ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08$, no qual a T_{gn} corresponde à temperatura do globo negro (Kelvin) e a T_{po} a temperatura do ponto de orvalho (Kelvin) (Buffington et al. 1981).

4.2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos, cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais (UE). Os tratamentos consistiram de cinco níveis de Trp (0,16; 0,21; 0,26; 0,31 e 0,36%) e foram alojadas 30 aves por unidade experimental, totalizando 750 aves.

A ração foi formulada considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para os valores do milho, farelo de soja e do glúten de milho, que foram previamente determinados em laboratório especializado, por meio da metodologia do “near infrared spectroscopy” (Nirs). Até os 14 dias, as aves receberam ração convencional e, aos 15 dias, foram ofertadas as rações experimentais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para codornas japonesas em fase de recria

Ingredientes	Triptofano Digestível (%)				
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36
Milho (7,87%)	62,880	62,880	62,880	62,880	62,880
Farelo de soja (46%)	19,356	19,356	19,356	19,356	19,356
Glúten de milho (63%)	4,866	4,735	4,603	4,472	4,340
Ácido glutâmico	3,561	3,615	3,669	3,723	3,778
Calcário	1,185	1,185	1,185	1,185	1,185
Fosfato bicálcico	1,577	1,578	1,578	1,578	1,579
Sal comum	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
L-lisina HCl (98,50%)	0,558	0,560	0,562	0,563	0,565
DL-Metionina (99,00%)	0,218	0,222	0,225	0,229	0,232
L-Treonina (99,00%)	0,257	0,260	0,262	0,265	0,267
L-Triptofano (98,00%)	0,000	0,051	0,103	0,154	0,205
L-Valina (98,50%)	0,242	0,246	0,249	0,253	0,257
Mistura vitamínica/mineral ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Inerte ²	4,500	4,514	4,528	4,542	4,556
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados					
Energia metabolizável (Kcal.kg ⁻¹)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Proteína bruta (%)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Cálcio (%)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Fósforo disponível (%)	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
Sódio (%)	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176
Potássio (%)	0,543	0,543	0,543	0,543	0,543
Cloro (%)	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383
Lisina digestível (%)	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120
Metionina+Cistina digestível (%)	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760
Treonina digestível (%)	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790
Triptofano digestível (%)	0,160	0,210	0,260	0,310	0,360
Valina digestível (%)	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950
Relação Trp:Lisina digestível (%)	14,285	18,750	23,214	27,678	32,142
BED (mEq/kg ⁻¹) ³	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56

¹Mistura vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg da ração); ²Areia fina lavada; ³Balanco eletrolítico na dieta; Trp: triptofano; Vit.A – 4,500,000 UI; Vit. D3 – 1,250,000 UI; Vit. E – 40 mg; Vit. B1 – 2,78 mg; Vit. B2 – 20 mg; Vit. B6 – 5,25 mg; Vit. B12 – 50 mg; Vit. K3 – 10,07 mg; Pantotenato de Cálcio – 40 mg; Niacina – 100 mg; Colina – 1400 mg; Zinco – 315 mg; Ferro – 245 mg; Manganês – 387,5 mg; Cobre – 76,56 mg; Cobalto – 1 mg; Iodo – 4,84 mg; Selênio – 1,27 mg

4.2.3. Desempenho

As codornas e a ração foram pesadas aos 42 dias de idade para avaliação do desempenho por meio do peso médio final (g), ganho de peso (g), consumo de ração (g), conversão alimentar e consumo de Trp (mg.ave.dia⁻¹).

A mortalidade foi contabilizada diariamente para correção do consumo de ração e para a determinação da viabilidade de cada unidade experimental, em que a viabilidade (%) corresponda à divisão do número de aves no final do período experimental pelo número de aves no início do período experimental, multiplicado por 100.

4.2.4. Peso relativo dos órgãos

Aos 42 dias de idade, dez aves de cada tratamento foram abatidas para a avaliação do peso de órgãos internos. As aves passaram por um período de jejum de seis horas, após foram pesadas individualmente para a obtenção do peso vivo ao abate (PVA) e então o abate foi realizado.

As codornas foram evisceradas e foram pesados os seguintes órgãos: pâncreas (g), pró-ventrículo (g), fígado (g), intestino (g), pulmão (g), coração (g) e oviduto (g), para posterior obtenção de seus pesos relativos. Em que o peso relativo (%) corresponde à divisão do peso do órgão (g) pelo peso da ave (g) multiplicado por 100.

4.2.5. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito

A contagem diferencial leucocitária foi realizada aos 42 dias de idade, em que foram coletadas amostras de sangue de duas aves por unidade experimental, por punção da veia jugular e com uso de seringa heparinizada, totalizando 50 amostras. Uma pequena amostra de sangue foi utilizada para a confecção dos esfregaços sanguíneos em lâminas de vidro, que foram coradas pelo método May Grunwald-Giemsa e os esfregaços foram observados ao microscópio de luz (Motic®, ds 300, Xiemen, China) com objetiva de 1000x para a realização da contagem diferencial leucocitária.

Nesta metodologia, 100 leucócitos de cada lâmina de vidro, foram examinados e contados utilizando o aplicativo MsCounter2, possibilitando o cálculo e determinação da porcentagem de cada um dos leucócitos básicos. A relação heterófilo: linfócito foi calculada de acordo com o descrito por Campo & Dávila (2002), dividindo a porcentagem de heterófilos encontrados pela de linfócitos.

4.2.6. Comportamento

As análises de comportamento foram realizadas nas semanas de 21 a 28 dias de idade e 35 a 42 dias de idade. Essa análise foi realizada durante três dias seguidos, somente durante o período de luz, iniciando às 7h e finalizada às 19:00h, sendo dividida em comportamento das aves pela manhã e comportamento das aves à tarde. As aves foram distribuídas em 25 boxes e dispostas em dois lados, em que as avaliações eram feitas a cada 10 minutos e anotadas em etograma. Foram avaliados os comportamentos apresentados por todos os animais alojados no box. As variáveis analisadas foram: porcentagem de aves que estavam comendo, bebendo, deitada, em pé, em bem-estar e em comportamento agressivo, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Etograma das variáveis observadas em codornas de postura

Comportamento	Descrição
Comendo	Visitando e ou alimentando no comedouro
Bebendo	Bebendo água no bebedouro
Deitada	Ave se encontra deitada
Em pé	Ave se encontra parada ou em movimento e em pé
Bem-estar	Comportamento em que a ave bate e estica as asas, chacoalha as penas ou quando joga o material da cama sobre seu corpo (banho)
Agressividade	Comportamento agressivo em que uma ave bica forte e rápido o corpo de outra ave, corre atrás agressivamente de outra ave ou apresenta qualquer comportamento agressivo ou de dominância

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2013)

Experimento II – Efeito residual dos diferentes níveis de triptofano digestível na fase de recria de codornas japonesas

4.2.7. Animais, instalações e manejo

O experimento iniciou com 42 dias de idade, com codornas que haviam sido submetidas a diferentes níveis de Trp na fase de recria. As aves foram criadas do 15º ao 42º dia de idade de acordo com as especificações do Experimento I, e aos 42 dias de

idade, foram transferidas 12 aves de cada unidade experimental (selecionadas de acordo com o peso médio $\pm 10\%$) para o galpão de postura convencional, contendo gaiolas de arame galvanizado (três aves por gaiola), dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante todo o período experimental.

A água e ração foram fornecidas à vontade. As temperaturas médias (19,11°C e 22,20°C) e a umidade relativa do ar (63,60% e 50,00%) foram registradas no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros, localizados em dois pontos do galpão (início e final).

No momento da transferência das codornas para o galpão de postura, o fotoperíodo adotado iniciou com 14 horas de luz e foram adicionados semanalmente 30 minutos até atingir 17 horas de luz (natural + artificial), sendo controlado com o auxílio de um programador automático (*timmer*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lux / m².

4.2.8. Delineamento experimental e dietas

As aves transferidas para o galpão de postura foram alojadas de acordo com as unidades experimentais às quais pertenciam na fase de recria, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições contendo 12 codornas por unidade experimental, totalizando 300 aves.

Para todas as aves, foi ofertada apenas uma dieta convencional, a fim de verificar o efeito residual dos tratamentos a que as aves foram submetidas na fase de recria. Esta dieta foi formulada considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), com exceção dos valores do milho e do farelo de soja, que foram previamente determinados em laboratório especializado.

4.2.9. Desempenho

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção (21 dias cada), sendo o primeiro para a adaptação e desta forma, foram utilizados os três últimos ciclos para essa análise. A coleta de ovos foi realizada diariamente às 8h, a fim de se calcular a taxa de postura (%) e produção de massa de ovos (g ovos.ave.dia⁻¹).

A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de ovos produzidos pelo total de aves da unidade experimental multiplicado por 100. A massa de ovos é obtida multiplicando-se o peso médio dos ovos pelo número de ovos e após dividido pelo número de aves.

As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do respectivo peso médio corporal (g), do consumo de ração (g), do cálculo da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) (g.g^{-1} de ovos) e da conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) (g.dz^{-1} de ovos). A CAMO é obtida dividindo-se o consumo de ração diário pela massa de ovos e a CADZ, dividindo-se o consumo de ração diário pela dúzia de ovos.

As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração e para a determinação da viabilidade de cada unidade experimental, que corresponde ao número de aves no final do período experimental dividido pelo número de aves no início do período experimental, multiplicado por 100.

4.2.10. *Qualidade interna e externa dos ovos*

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção, que compreendiam 21 dias cada, porém foram utilizados os três últimos ciclos para essa análise. Nos três últimos dias de cada ciclo foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos e a determinação do peso médio dos ovos e, para isso, apenas os ovos viáveis foram utilizados. Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em solução salina, utilizando-se soluções com densidade ajustada por meio de densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL^{-1} utilizando valores desde 1,060 a 1,090 g.mL^{-1} ; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as outras análises de qualidade, três ovos dentro do peso médio da unidade experimental foram identificados e avaliados. Os ovos foram abertos sobre um vidro para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02 mm).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi feita na região do albúmen mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações transversais, tanto da gema quanto do albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível avaliar a qualidade interna dos ovos, determinando o índice de gema e de albúmen e a Unidade Haugh (UH).

O índice de gema corresponde à divisão da altura da gema (mm) pelo diâmetro da gema (mm), multiplicado por 100. O índice de albúmen é a divisão da altura do albúmen (mm) pelo diâmetro do albúmen (mm), multiplicado por 100. A Unidade

Haugh foi calculada considerando a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO) (Unidade Haugh = $100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$).

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas para que posteriormente fosse determinado o peso em balança de precisão e a espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando micrômetro (Mitutoyo®, modelo 700-118 “Quick Mini”). Foi determinado também, o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado, utilizando-se a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que PC corresponde ao peso da casca (g) e PO ao peso do ovo (g). $PCSA = (PC / 3,9782 \times PO^{0,7056}) \times 100$.

A gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido por diferença, em que se subtraiu do peso do ovo, o peso da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca, dividindo-se o peso do respectivo componente pelo peso do ovo e após multiplicando-se por 100.

4.2.11. Peso relativo dos órgãos

Ao final dos quatro ciclos de postura, dez aves de cada tratamento foram abatidas para a avaliação do peso de órgãos internos. O abate foi realizado após as aves serem submetidas a período de jejum de seis horas. Antes do abate e decorrido o período de jejum, todas as codornas foram pesadas individualmente para a obtenção do peso vivo ao abate (PVA). O abate, a extração dos órgãos e a obtenção do peso relativo dos órgãos foram os mesmos que os descritos no Experimento I.

4.2.12. Análise estatística

As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem e transformadas para $\log(x+1)$. A análise estatística dos dados para os dois experimentos, foi realizada por meio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2014). Para o teste dos efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo descrito abaixo e, em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon_{ik}$$

em que:

Y_{ik} = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível i de Trp;

β_0 = constante geral;

β_1 = efeito do Trp;

β_2 = efeito do Trp ao quadrado;

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

As variáveis que apresentaram efeito dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial para determinação dos modelos de melhor ajuste (linear ou quadrático), conforme o melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável. Por meio do modelo quadrático foi possível estimar os valores das exigências nutricionais.

4.3. Resultados

4.3.1. Experimento I

Dos 15 aos 42 dias de idade não houve efeito significativo entre as variáveis de desempenho e os níveis de triptofano digestível, exceto para a viabilidade que apresentou efeito linear crescente em função dos níveis de Trp (Tabela 2). Para peso relativo de órgãos de codornas japonesas aos 42 dias de idade também não foi observado nenhum efeito significativo (Tabela 3).

Com relação à contagem diferencial leucocitária, a porcentagem de eosinófilo apresentou efeito quadrático em que o nível estimado foi 0,25% de Trp. A porcentagem de linfócito apresentou efeito linear crescente, enquanto que a porcentagem de heterófilo e a relação heterófilo:linfócito apresentaram efeito linear decrescente (Tabela 4).

Para a análise de comportamento em codornas japonesas na semana de 21 a 28 dias de idade no período da manhã, o comportamento deitada apresentou efeito quadrático para o triptofano digestível, em que foi estimado 0,26% de Trp. No período da tarde não houve efeito entre as variáveis de comportamento e os diferentes níveis de triptofano digestível (Tabela 5). Assim como para a análise de comportamento na semana de 35 a 42 dias de idade, no período da manhã e da tarde, em que não houve efeito dos níveis de triptofano digestível sobre as variáveis de comportamento avaliadas (Tabela 6).

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas na recria (15 a 42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível

Variáveis	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
PM (g)	124,54	125,95	126,51	124,42	126,73	0,558
GP (g)	77,07	75,92	78,43	78,51	76,03	0,670
CR (g.ave ⁻¹)	515,45	519,62	511,81	502,60	497,68	4,124
CA (g.g ⁻¹)	6,71	6,84	6,54	6,43	6,55	0,089
VIA (%)	94,00	93,33	94,00	94,67	96,67	0,467
CTrp (mg.ave.dia ⁻¹)	29,45	38,97	47,53	55,64	63,99	2,496

Equações de regressão	P-valor		Estimativas	
	Trp	R ²	Trp (%)	
VIA= 91,063+13,348Trp	<0,040(L)	0,90	-	

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; PM: peso médio; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração período; CA: conversão alimentar; VIA: viabilidade; CTrp: consumo de triptofano digestível; R²: coeficiente de determinação; L: efeito linear

Tabela 3. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas na recria (42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível

Órgãos (%)	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
Pâncreas	0,26	0,26	0,27	0,27	0,26	0,009
Pró-ventrículo	0,43	0,39	0,42	0,41	0,41	0,007
Intestino	2,44	2,35	2,52	2,66	2,49	0,069
CI(cm)	43,55	44,50	46,20	48,55	46,30	0,831
Fígado	2,13	2,16	2,30	2,22	2,17	0,049
Pulmão	1,04	0,88	1,05	0,99	0,93	0,027
Coração	1,12	1,16	1,22	1,09	1,19	0,029
Oviduto	0,02	0,06	0,03	0,03	0,03	0,009

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; cm: centímetros; CI: comprimento intestino;

Tabela 4. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo:linfócito em codornas japonesas na recria (42 dias) em função dos níveis de triptofano digestível

Células sangue (%)	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
Heterófilo	40,60	38,60	38,40	31,60	29,40	0,939
Linfócito	46,20	52,80	51,60	58,40	60,80	1,107
Monócito	3,80	2,80	3,40	3,40	2,00	0,212
Eosinófilo	4,00	3,20	4,00	2,00	5,80	0,378
Basófilo	5,40	2,60	2,60	4,60	2,00	0,322
H:L	0,88	0,73	0,74	0,54	0,48	0,030

Equações de regressão	P-valor	R ²	Estimativas
	Trp		Trp (%)
H= 38,488-45,200Trp	<0,001(L)	0,84	-
L= 35,864+69,600Trp	<0,001(L)	0,82	-
E= 13,999-90,286Trp+182,857Trp ²	<0,041(Q)	0,69	0,25
H:L= 1,190-1,976Trp	<0,001(L)	0,87	-

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; H: heterófilo; L: linfócito; E: eosinófilo; H:L: relação heterófilo: linfócito; R²: coeficiente de determinação; L: efeito linear; Q: efeito quadrático

Tabela 5. Comportamento de codornas de postura na semana de 21 a 28 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período de luz

Comportamento ¹	Manhã					EPM
	Trp (%)					
Comendo	0,16 (5,47%)	0,21 (4,54%)	0,26 (5,03%)	0,31 (6,02%)	0,36 (4,88%)	0,015
Bebendo	0,09 (0,22%)	0,10 (0,30%)	0,17 (0,62%)	0,12 (0,33%)	0,13 (0,38%)	0,013
Deitada	1,65 (43,86%)	1,63 (42,77%)	1,60 (39,20%)	1,63 (41,80%)	1,65 (44,30%)	0,008
Em pé	1,70 (49,18%)	1,71 (51,27%)	1,74 (54,25%)	1,71 (50,65%)	1,69 (49,28%)	0,007
BE	0,29 (1,13%)	0,27 (0,99%)	0,23 (0,72%)	0,28 (1,01%)	0,29 (1,07%)	0,015
Agre	0,05 (0,14%)	0,05 (0,13%)	0,07 (0,18%)	0,07 (0,19%)	0,04 (0,09%)	0,008
Equações de regressão		P-valor		Estimativas		
		Trp		R ²		Trp (%)
D= 1,873-1,991Trp+3,794Trp ²		<0,050(Q)		0,94		0,26
Comportamento ¹	Tarde					EPM
	Trp (%)					
Comendo	0,16 (4,82%)	0,21 (3,84%)	0,26 (4,41%)	0,31 (4,97%)	0,36 (4,64%)	0,013
Bebendo	0,11 (0,32%)	0,11 (0,33%)	0,10 (0,29%)	0,12 (0,34%)	0,18 (0,54%)	0,012
Deitada	1,82 (65,21%)	1,81 (64,47%)	1,80 (62,75%)	1,82 (64,98%)	1,84 (67,92%)	0,006
Em pé	1,46 (28,69%)	1,48 (30,20%)	1,50 (31,64%)	1,46 (28,72%)	1,41 (25,48%)	0,014
BE	0,27 (0,92%)	0,31 (1,14%)	0,26 (0,90%)	0,27 (0,95%)	0,36 (1,40%)	0,016
Agre	0,02 (0,04%)	0,01 (0,02%)	0,01 (0,01%)	0,02 (0,04%)	0,01 (0,02%)	0,002

¹Dados transformados (Log x+1). Valores entre parênteses são as porcentagens dos comportamentos; Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; BE: bem-estar; Agre: agressividade; D: deitada; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático

Tabela 6. Comportamento de codornas de postura na semana de 35 a 42 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período de luz

Comportamento ¹	Manhã					EPM
	Trp (%)					
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
Comendo	0,98 (8,76%)	0,96 (8,33%)	0,99 (8,96%)	1,02 (9,55%)	0,95 (8,09%)	0,012
Bebendo	0,20 (0,64%)	0,25 (0,91%)	0,19 (0,59%)	0,17 (0,49%)	0,25 (0,86%)	0,019
Deitada	1,38 (24,02%)	1,35 (22,39%)	1,40 (25,05%)	1,36 (23,36%)	1,37 (23,03%)	0,010
Em pé	1,82 (65,92%)	1,83 (67,73%)	1,79 (64,59%)	1,82 (65,73%)	1,83 (67,23%)	0,008
BE	0,21 (0,64%)	0,18 (0,61%)	0,24 (0,79%)	0,26 (0,84%)	0,22 (0,73%)	0,014
Agre	0,01 (0,02%)	0,01 (0,04%)	0,01 (0,02%)	0,01 (0,03%)	0,02 (0,05%)	0,003
Comportamento ¹	Tarde					EPM
	Trp (%)					
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
Comendo	1,03 (9,75%)	1,04 (10,26%)	1,03 (9,86%)	1,06 (10,50%)	0,99 (8,72%)	0,012
Bebendo	0,12 (0,35%)	0,21 (0,68%)	0,18 (0,57%)	0,16 (0,46%)	0,24 (0,76%)	0,017
Deitada	1,64 (42,94%)	1,63 (41,92%)	1,65 (44,57%)	1,62 (41,64%)	1,64 (42,61%)	0,006
Em pé	1,67 (45,65%)	1,67 (45,77%)	1,66 (43,62%)	1,67 (45,97%)	1,67 (46,55%)	0,005
BE	0,34 (1,24%)	0,33 (1,29%)	0,32 (1,26%)	0,35 (1,33%)	0,35 (1,30%)	0,009
Agre	0,03 (0,08%)	0,03 (0,07%)	0,04 (0,12%)	0,04 (0,09%)	0,02 (0,06%)	0,003

¹Dados transformados (Log x+1). Valores entre parênteses são as porcentagens dos comportamentos; Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; BE: bem-estar; Agre: agressividade; D: deitada

4.3.2. Experimento II

Para as variáveis de desempenho de codornas japonesas em postura alimentadas com diferentes níveis de triptofano digestível do 15º ao 42º dia de idade, a variável idade ao 1º ovo em codornas japonesas apresentou efeito quadrático, sendo estimado o nível de 0,25% de Trp (Tabela 7).

A qualidade dos ovos (Tabela 8) de codornas japonesas em postura não foi afetada pelo efeito dos níveis de triptofano digestível, desta forma, não houve efeito significativo, assim como o peso relativo dos órgãos (Tabela 9).

Tabela 7. Desempenho de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com níveis de triptofano digestível do 15° ao 42° dia de idade

Variáveis	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
PM (g)	168,39	171,79	169,61	167,98	171,82	0,913
CR (g.ave.dia ⁻¹)	25,61	26,71	26,47	25,24	24,75	0,363
TP (%)	80,88	87,94	85,57	75,76	81,06	1,455
MO (g.ave.dia ⁻¹)	9,32	10,18	9,91	8,75	9,41	0,181
VIA (%)	96,67	98,33	96,67	95,00	93,33	1,604
CAMO	2,78	2,62	2,68	2,96	2,65	0,056
CADZ	0,33	0,31	0,32	0,36	0,32	0,007
IPO (dias)	53,80	51,20	47,60	52,00	56,00	0,968
Equações de regressão	P-valor		R ²	Estimativas		Trp (%)
	Trp			Trp (%)		
IPO= 87,33-304,57Trp+605,71Trp ²			<0,006(Q)	0,94	0,25	

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; PM: peso médio; CR: consumo de ração período; TP: taxa de postura; MO: massa de ovos; VIA: viabilidade; CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático

Tabela 8. Qualidade de ovos de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com níveis de triptofano digestível do 15° ao 42° dia de idade

Qualidade dos ovos	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
UH	94,06	94,51	94,81	94,17	94,48	0,184
IG	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,002
IA	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,002
GE (g.mL ⁻¹)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,001
PO (g)	11,36	11,34	11,38	11,30	11,48	0,044
PC (g)	0,87	0,87	0,86	0,84	0,88	0,005
PG (g)	3,50	3,50	3,52	3,48	3,55	0,014
PA (g)	6,99	6,97	7,01	6,98	7,06	0,036
% Casca	7,63	7,66	7,51	7,45	7,64	0,037
% Gema	30,83	30,87	30,92	30,80	30,88	0,119
% Albúmen	61,53	61,47	61,57	61,75	61,47	0,126
PCSA	3,92	3,93	3,86	3,82	3,94	0,020
ESPC (mm)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,001

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; UH: Unidade Haugh; IG: índice de gema; IA: índice de albúmen; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PC: peso de casca; PG: peso de gema; PA: peso de albúmen; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca; mm: milímetros; g: gramas

Tabela 9. Peso relativo dos órgãos de codornas japonesas aos 126 dias de idade alimentadas com diferentes níveis de triptofano digestível do 15º ao 42º dia de idade

Órgãos	Trp (%)					EPM
	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	
Pâncreas (%)	0,27	0,30	0,32	0,21	0,27	0,020
Pró-ventrículo (%)	0,53	0,49	0,54	0,51	0,51	0,013
Intestino (%)	4,66	4,64	4,73	4,57	4,34	0,153
Fígado (%)	3,06	2,86	3,80	3,13	2,73	0,162
Pulmão (%)	1,10	0,71	0,73	0,71	0,76	0,062
Coração (%)	0,88	0,81	0,78	0,81	0,85	0,022
Oviduto (%)	9,83	5,97	6,88	7,23	6,38	0,603

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média

4.4. Discussão

4.4.1. Experimento I

Uma vez sintetizada a partir do triptofano, a serotonina estimula a síntese de grelina no fundo gástrico resultando em estímulo no consumo (Zhang et al., 2007), de modo que possa resultar em diferença significativa entre os níveis de Trp e o consumo, o que nos permite concluir que talvez os níveis ofertados não foram suficientes para que se encontrasse essa diferença significativa na fase avaliada.

No presente estudo, as variáveis de desempenho não foram influenciadas pelos níveis de triptofano, exceto a viabilidade, que apresentou um efeito linear crescente, ou seja, quanto maior o nível de triptofano maior foi a viabilidade criatória. Desta forma, conclui-se que o menor nível de Trp (0,16%) foi suficiente para atender às exigências e para o adequado desempenho em codornas de postura na recria (15 a 42 dias de idade).

De acordo com Castilha et al. (2016), a serotonina possui um importante papel relacionado ao comportamento e sua deficiência pode aumentar o estresse e o comportamento agressivo em diversas espécies, desta forma, os maiores níveis ofertados poderiam estar disponibilizando maior quantidade de triptofano para a síntese de serotonina e deste modo têm-se codornas menos agressivas, o que poderia influenciar na redução da mortalidade dessas codornas.

A principal via metabólica em que o triptofano é direcionado e metabolizado é a via da quinurenina, e dependendo da situação ocorrerá a manutenção da homeostase do triptofano pela enzima TDO, ou a atuação da enzima IDO, que está relacionada à resposta imune do animal. Dessa forma, essa diminuição na mortalidade observada em

codornas de 15 a 42 dias pode estar relacionada ao aumento dos parâmetros imunológicos, da imunidade gastrointestinal e da resistência das codornas, possibilitando essa melhora na viabilidade criatória (Le Floch & Seve, 2007).

De acordo com Rostagno et al. (2017), a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de recria é de 0,196% de Trp, com 23% de proteína bruta e 2.900 kcal de EM/kg de ração. Já o NRC (1994) recomenda 0,22% de Trp para codornas japonesas em fase de crescimento, em dietas com 24% de proteína bruta e 2900 Kcal/kg de energia metabolizável. Esses valores estão acima do recomendado neste estudo.

Rizzo et al. (2008) utilizaram valores de triptofano digestível acima dos utilizados no presente trabalho para determinar a exigência de triptofano digestível na fase de recria (15 a 42 dias), desta forma obteve que a exigência de codornas de postura na recria foi de 0,27% de Trp, visto que os níveis de triptofano testados (0,27 (controle), 0,52, 0,77 e 1,02% de Trp) não afetaram o desempenho das codornas japonesas avaliadas, como observado no presente trabalho para a fase de recria, exceto para a viabilidade.

Silva & Costa (2009), recomendam 0,15% de Trp para codornas japonesas na fase de recria. O recomendado para a fase de recria por esses autores é próximo ao recomendado para a fase de recria no presente trabalho (0,16% de Trp).

Considerando os resultados estimados e visando um adequado desempenho, as rações na fase de recria podem ser formuladas com 0,16% de Trp, relação ideal triptofano:lisina de 14% e consumo de Trp de 29,45 mg.

A determinação da relação triptofano:lisina correspondente ao nível ótimo também é essencial, de modo que não comprometa a conversão do triptofano em seus produtos, permita a renovação celular e a reposição das perdas gastrintestinais, garantindo um padrão de manutenção no animal (Hahn & Baker, 1995).

Essa redução na exigência de triptofano digestível no período de recria pode estar relacionada ao uso de rações adequadas e que atendam as exigências em todos os demais nutrientes, de modo que o mínimo ofertado em triptofano digestível é o suficiente para um adequado desempenho dessas codornas. Em que, deve-se considerar que a correta determinação da exigência nessa fase é muito importante, pois permite que a ave atinja um peso adequado à maturidade, uniformidade de lote e que inicie a postura com condição corporal e idade adequada.

Foi observado que o maior nível de triptofano não acarretou maior peso nos órgãos, talvez isto possa ser explicado pelo fato de que essa maior quantidade de triptofano da dieta possa estar sendo direcionada para suas vias metabólicas, a via da quinurenina (10 vezes mais importante) e da serotonina. Dessa forma, o aumento dos níveis de triptofano, consecutivamente aumenta a síntese de serotonina no trato digestório pelas células enterocromafins ou no cérebro pelos neurônios, e deste modo, esse aminoácido não é primordial ou não atua diretamente em alguns órgãos promovendo seu crescimento e desenvolvimento (Le Floch & Seve, 2007).

Silva et al. (2010) relatam que o triptofano pode aumentar o peso do intestino, coração e pulmão. A sua influência na renovação celular da mucosa intestinal e sua relação com as perdas endógenas podem aumentar o peso do intestino. E a serotonina, seu produto metabólico, está relacionada a mecanismos de vasoconstrição e, conseqüentemente com a pressão sanguínea, que podem influenciar no aumento do peso de órgãos (coração e pulmão) que sofrem irrigação. Porém essa hipótese não foi validada para as codornas japonesas avaliadas neste experimento da recria.

No presente estudo, aos 42 dias de idade, com o aumento dos níveis de Trp observou-se redução da porcentagem de heterófilo e aumento na porcentagem de linfócitos, o que resultou na redução da relação heterófilo:linfócito. Assim, os menores níveis de triptofano ofertados corresponderam a maior porcentagem de heterófilos, indicando uma maior situação de estresse nas aves, e isto pode estar relacionado a uma menor síntese de serotonina, que tem papel na regulação do comportamento como o estresse.

A relação heterófilo:linfócito irá indicar uma condição de estresse no animal, em situações que ocorrem aumento na circulação sanguínea de heterófilos e redução na de linfócitos (Rosa et al., 2011).

De acordo com Gross & Siegel (1983), a relação heterófilo:linfócito demonstra ser um bom indicador do estresse social e existem três valores que são utilizados para identificar o grau de estresse para galinhas, que se baseiam no quociente entre heterófilos e linfócitos: 0,2 (estresse baixo), 0,5 (estresse intermediário) e 0,8 (estresse alto).

No presente estudo, aos 42 dias de idade, o maior nível de triptofano digestível (0,36%) correspondeu ao estresse baixo, enquanto os níveis de 0,21%, 0,26%, 0,31% indicaram estresse intermediário e o menor nível de triptofano digestível (0,16%), estresse alto em codornas japonesas. Esses resultados possivelmente, confirmam a

atuação do triptofano como precursor da serotonina e a função deste neurotransmissor na regulação do estresse, assim como sua atuação na regulação da resposta imune, melhorando os parâmetros imunológicos.

Considerando que as codornas são tipicamente agitadas e estressadas e que o menor nível de triptofano ofertado na dieta extrapolou os valores estabelecidos por Gross & Siegel (1983) para classificação quanto ao grau de estresse, indicando grau elevado de estresse, demonstrando que esse comportamento pode também ter favorecido a obtenção desse maior valor.

No presente estudo, ressalta-se a higidez dos animais, pois não apresentavam sinais clínicos de doença e tampouco valores extremamente alterados de células sanguíneas que pudessem ser um indicativo de alguma anormalidade.

Em processos inflamatórios ou estado de estresse no animal, inicia-se a depleção de Trp por meio da enzima IDO ou TDO onde ocorre a inibição de processos chave na ativação e proliferação de linfócitos T. No entanto, devido à falta de desafios sanitários ou estressores, que pudessem desencadear essa ativação e inibição da proliferação de linfócitos T, foi observado que mesmo os maiores níveis de triptofano digestível fornecidos permitiram um aumento no número de linfócitos. O Trp possivelmente foi direcionado para a síntese de serotonina, propiciando uma situação de bem-estar nessas aves (Pedrosa, 2006; Le Floch & Seve, 2007; Le Floch et al., 2010).

Os produtos formados pela oxidação da melatonina e do triptofano (via quinurenina), regulam a resposta imune sobre os linfócitos e outras células do sistema imune e participam dos efeitos imunossupressores. Desta forma, o triptofano mantém a homeostasia de linfócitos T e participa de mecanismos de tolerância imunológica (Pedrosa, 2006).

Desta forma, devido à ausência de desafios o triptofano possivelmente foi direcionado para a melhora da imunidade gastrointestinal, dos parâmetros imunológicos e para maior síntese de serotonina, em que se tem uma redução da depleção desse aminoácido para essas atividades imunossupressoras, iniciadas por meio da enzima IDO ou TDO, do mesmo modo que se tem menos triptofano sendo utilizado para a formação de proteínas de fase aguda, devido a falta de inflamação (Le Floch et al., 2010).

O efeito do triptofano na diminuição do comportamento agressivo e aumento do bem-estar na ave pode ser observado durante o manejo diário dos animais em todo período experimental, porém isso não foi comprovado estatisticamente, pois não houve diferença significativa entre os níveis de triptofano digestível sobre as variáveis de

comportamento, exceto para o comportamento deitada, que apresentou um efeito quadrático quando as codornas foram avaliadas na semana de 21 a 28 dias de idade no período da manhã.

Corroborando os resultados encontrados por Guandolini et al. (2004), que avaliaram a agressividade em codornas na fase de recria com a inclusão de triptofano na dieta, os autores verificaram que não houve diferença com relação às alterações na agressividade de acordo com os níveis de triptofano oferecidos na dieta. Ainda, de acordo com Le Floch et al. (2010), em animais saudáveis o triptofano possui pouco efeito no comportamento.

De maneira adversa, Li et al. (2011) disseram que a serotonina possui efeito sedativo, pois suprime alguns comportamentos como agressão, ansiedade e dor, de modo que a administração oral de triptofano pode suprimir a agressividade em diversas espécies, assim como nas aves. Corroborando, em um estudo com frangos com quatro semanas de idade até seu desenvolvimento e utilizando três níveis de triptofano, Shea et al. (1990) observaram redução no comportamento agressivo caracterizado pela bicagem.

De modo geral, a serotonina está envolvida no mecanismo do estresse e na regulação de alguns comportamentos. Assim, os estudos realizados permitem concluir que os componentes do sistema serotoninérgico são sensíveis aos estímulos que causam estresse e, desta forma, possivelmente a serotonina possui um importante papel permitindo a adaptação ao estresse (Rech et al., 2010).

Altos níveis de triptofano no cérebro das aves podem proporcionar aumento na eficiência do uso e acesso a comedouros e bebedouros, porém isto não foi verificado no presente estudo (Rech et al., 2010). No entanto, de acordo com Castilha et al. (2016) nem sempre o nível de triptofano acima da exigência do animal, e o possível aumento na síntese de serotonina e posteriormente na expressão de grelina, terá como resultado uma melhora no comportamento ingestivo.

Porém, de acordo com Shen et al. (2012), para observação de alteração no comportamento é necessário um grande aumento na concentração de triptofano para que se reduza sua competição com os aminoácidos neutros de cadeia longa, permitindo maior disponibilidade de triptofano para síntese de serotonina, além de ser necessário vários dias fornecendo o aminoácido para que se possa realmente mitigar o comportamento agressivo.

Desta forma, os níveis utilizados no experimento talvez não tenham sido suficientes para a ocorrência de diferenças significativas relacionadas ao comportamento, visto que

são necessários grandes quantidades de triptofano para que resulte em aumento da concentração de serotonina, de forma que atue na regulação do comportamento (Castilha et al., 2016). Porém, essa falta de efeito indica que pode haver diferença entre o efeito sedativo do triptofano via serotonina no comportamento de codornas japonesas com relação a outras espécies.

Objetivando avaliar os efeitos das condições ambientais no comportamento das aves, calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), que é a forma mais precisa de avaliação de conforto animal (Gomes et al., 2011). Valores de ITGU variando de 69 a 77 são observados em ambientes considerados confortáveis, em que as aves se apresentam em bem-estar e consecutivamente em desempenho apropriado (Medeiros et al., 2005).

Durante a avaliação do comportamento na semana de 21 a 28 dias de idade, os valores obtidos para ITGU foram 66 (manhã) e 71 (tarde), respectivamente, no qual se observa que o valor de ITGU obtido pela manhã é menor que o indicado para ambientes em conforto térmico, no entanto, esse valor não alterou estatisticamente comportamentos como bem-estar ou agressividade nas aves. Já o da tarde se encontra na faixa de conforto térmico, indicando ser um ambiente confortável para as codornas.

Na avaliação de comportamento realizada na semana de 35 a 42 dias de idade, obteve-se os valores de ITGU de 55 para o período da manhã e 61 para o período da tarde, valores abaixo do estipulado para ambientes confortáveis, no entanto, esses valores não afetaram o bem-estar, de forma que comprovasse sua redução. A suplementação de triptofano na dieta possivelmente possibilitou, por meio da serotonina, influenciar no comportamento de modo que não fosse possível a redução do bem-estar e ou aumento da agressividade, devido ao estresse térmico ou desconforto ambiental (Guzik et al., 2006).

4.4.2. Experimento II

As codornas japonesas utilizadas para estimar as exigências de triptofano digestível durante a fase de recria (Experimento I) foram realojadas em gaiolas de postura de acordo com a unidade experimental a que pertenciam, visando avaliar a repercussão dos programas nutricionais empregados durante essa fase de recria sobre a fase de produção (Experimento II). Contudo, a maioria das características avaliadas no Experimento II não foram afetadas pelos níveis de triptofano digestível a que as aves foram submetidas no Experimento I, exceto a idade ao 1º ovo que apresentou efeito quadrático.

De acordo com Lima (2013), o aumento no nível de Trp para codornas japonesas melhorou o desenvolvimento do magno, proporcionando glândulas tubulares mais ativas e do útero, aumentando a quantidade de dobras secundárias, gerando hiperplasia. Embora tal estudo seja conduzido com aves em produção, possivelmente o fornecimento de níveis de Trp possa acelerar o desenvolvimento do oviduto, reduzindo a idade ao 1º ovo.

De acordo com o resultado obtido, as aves que consumirem o nível de 0,25% de Trp na fase de recria irão iniciar sua postura aos 49 dias de idade. Desta forma, a idade ao 1º ovo diminuiu, até atingir seu nível ótimo de triptofano digestível, ou seja, até o ponto em que ocorre a inflexão da curva e as codornas param de responder ao incremento do triptofano na ração, evidenciando que o triptofano possui um limite para influenciar no início da produção das codornas, de modo que níveis de triptofano digestível além das suas exigências podem prejudicar o início da postura.

Pode-se atribuir isto também ao fato de que, possivelmente, a condição corporal aos 42 dias de idade foi adequada nessas aves, assim como o peso médio para início da produção, evidenciando que mesmo que essa ave tenha iniciado sua postura antes, ela manteve o peso de ovo e sua produção até o final da avaliação.

As codornas apresentaram peso médio adequado para iniciarem sua produção em todos os níveis de triptofano digestível ofertados na recria, visto que as codornas japonesas criadas no Brasil possuem peso adulto médio de aproximadamente 120-170 g e são animais precoces que atingem a maturidade sexual entre os 42-45 dias de idade (Souza-Soares & Siewerdt, 2005; Flauzina, 2007).

Desta forma, o nível de triptofano digestível obtido para idade ao 1º ovo é pertinente (0,25% de Trp), pois atende algumas exigências para iniciar a postura, como as codornas apresentarem peso médio e idade adequados. Assim, este aminoácido contribui para que essas aves estejam em bem-estar, de modo que atinjam suas características corporais adequadas e idade antecipada à postura.

Essa variável foi possivelmente influenciada também pelo fato das aves estarem recebendo os níveis de triptofano digestível muito próximo à ave iniciar a postura, influenciando a idade ao 1º ovo, de modo que, mesmo reduzindo a idade ao 1º ovo, não afetou a postura, visto que não houve diferença para peso de ovo.

Com relação à qualidade de ovos, todas as variáveis analisadas apresentaram valores muito próximos, independente do nível de triptofano digestível ofertado na

recria, de modo que este aminoácido não influencia futuramente em características importantes como o peso do ovo, qualidade de casca, de gema e de albúmen.

De acordo com Monira et al. (2003), a qualidade do ovo é o fator que mais contribui para a determinação do seu preço, de modo que também possui a capacidade de afetar a aceitabilidade do consumidor. Neste sentido, a suplementação com triptofano nas fases de recria para um possível efeito na fase de postura não se torna viável, visto que não afeta de modo positivo a qualidade do ovo, aumentando sua qualidade e, consecutivamente, seu mercado consumidor.

Vale salientar que na literatura são inexistentes estudos relacionados a efeito residual do triptofano das rações de recria na fase de produção, de forma que esses resultados podem ser o ponto de partida para futuras investigações.

4.5. Conclusão

Considerando os resultados, estimou-se o nível 0,16% de triptofano digestível, relação triptofano:lisina digestível de 14% e consumo de triptofano digestível de 29,45 mg para a fase de recria (15 a 42 dias), em rações com mesmos níveis nutricionais de proteína e energia. O triptofano apresentou efeito residual para a variável idade ao 1º ovo ao nível de 0,25% de Trp.

4.6. Referências

- Buffington, C. S.; Collazo-arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W. e Collier, R. J. 1981. Black globe humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph: Transactions of the ASAE. 24:711-714.
- Campo, J. L. e Dávila, S. G. 2002. Influence of mating ratio and group size on indicators of fearfulness and stress hens and cocks. Poultry Science 81:1099-1103.
- Castilha, L. D.; Sangali, C. P.; Esteves, L. A. C.; Muniz, C. F.; Furlan, A. C.; Vasconcellos, R. S. e Pozza, P. C. 2016. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100 kg) fed low protein diets with different levels of tryptophan and B6 vitamin. Applied Animal Behaviour Science 180:35-42.

- Flauzina, L. P. 2007. Desempenho produtivo e biometria de vísceras de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. Dissertação (M.Sc.). Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- Gomes, R. C. C.; Júnior, T. Y.; Lima, R. R.; Yanagi, S. N. M.; Carvalho, V. F. e Damasceno, F. A. 2011. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade e do impacto das variações climáticas em galpões avícolas climatizados. *Ciência Rural*. 41:1645-1651.
- Gross, W. B. e Siegel, H. S. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases Athens* 27:972-979.
- Guandolini, G. C.; Rizzo, P. V.; Monsalves, F. M. e Moraes, V. M. B. 2004. Avaliação de imobilidade tônica e agressividade em codornas na fase de recria: efeitos da inclusão de triptofano na alimentação. p.96. In: Anais II Simpósio Internacional e I Congresso Brasileiro de Coturnicultura, Lavras.
- Guzik, A. C.; Matthews, J. O.; Kerr, B. J.; Bidner, T. D. e Southern, L. L. 2006. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science* 84:2251-2259.
- Hahn, J. D. e Baker, D. H. 1995. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. *Journal of Animal Science* 73:482-489.
- Hamilton, R. M. G. 1982. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science* 61:2022-2039.
- Le Floc'h, N.; Otten, W.; Merlot, E. e Séve, B. 2010. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. *Amino Acids*, Springer 1-11.
- Le Floc'h, N. e Séve, B. 2007. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. *Livestock Science* 112:23-32.
- Li, Y. Z.; Baidoo, S. K.; Johnston, L. J. e Anderson, G. E. 2011. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. *Journal of Animal Science* 89:1899-1907.
- Lima, M. R. 2013. Exigências nutricionais de treonina e triptofano para codornas japonesas e galinhas poedeiras leves em postura (Capítulo I). Disponível em:

<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/exigencias-nutricionais-treonina-triptofano-t38410.htm>> Acesso em: 08/05/2018.

- Medeiros, C. M.; Baêta, F. C.; Oliveira, R. F. M.; Tinoco, I. F. F. e Albino, L. F. T. 2005. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na agricultura*. 13:277-286.
- Monira, K. N.; Salahuddin, M. e Miah, G. 2003. Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken. *International Journal of Poultry Science* 2:201-203.
- Pedrosa, A. M. C. 2006. Triptofano, melatonina e seus produtos de oxidação: Ações sobre os linfócitos T. Tese (D.Sc.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pereira, D. F.; Batista, E. S.; Sanches, F. T.; Filho, L. R. A. G. e Bueno, L. G. F. 2013. Comportamento de poedeiras criadas a diferentes densidades e tamanhos de grupo em ambiente enriquecido. *Pesquisa agropecuária brasileira* 48:682-688.
- R development core team. 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.rproject.org.2014>>. Acesso em: 20/11/2017.
- Rech, O. A.; Waine, P. J.; Nicolao, N. A. F.; Silva, C. A. e Oba, A. 2010. Efeito da linhagem, espaço na gaiola e nível de triptofano dietético no desempenho de poedeiras comerciais. *Semina: Ciências agrárias* 31:1051-1058.
- Rizzo, P. V.; Guandolini, G. C.; Amoroso, L.; Malheiros, R. M. e Moraes, V. M. B. 2008. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1017-1022.
- Rodrigues, P. B.; Bertechini, A. G.; Oliveira, B. C.; Teixeira, A. S. e Oliveira, A. I. G. 1996. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 25:248-260.
- Rosa, G. A.; Sorbello, L. A.; Dittrich, R. L.; Moraes, M. T. T. e Oliveira, E. G. 2011. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. *Revista Ciência Rural* 11:1-6.

- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Abreu, M. L. T.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. e Brito C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Sarcinelli, M. F.; Sakomura, N. K.; Silva, E. P.; Venturini, K. S.; Dorigam, J. C. P. e revizani, I. 2016. Tryptophan intake for maintenance of Japanese quail. In: 1st International meeting of advances in animal science. Jaboticabal-São Paulo.
- Shea, M. M.; Mench J. A. e Thomas, O. P. 1990. The effect of dietary tryptophan on aggressive behavior in developing and mature broiler breeder males. *Poultry Science* 10:1664-1669.
- Shen, Y. B.; Voilqué, G.; Odle, J. e Kim, S. W. 2012. Dietary L-Tryptophan supplementation with reduced large neutral amino acids enhances feed efficiency and decreases stress hormone secretion in nursery pigs under social-mixing stress. *The Journal of Nutrition* 142:1540-1546.
- Silva, A. L.; Saraiva, E. P.; Gomes, D. L. S.; Fonseca, V. F. C.; Magalhaes, T. S. e Lima, M. R. 2010. Efeitos de diferentes relações triptofano digestível:lisinadigestível sobre o peso de órgãos e da morfometria intestinal de poedeiras leves. In: Anais da 47^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador.
- Silva, J. H. V. e Costa, F. G. P. 2009. Tabelas para codornas japonesas e européias. Jaboticabal:Funep, 107p.
- Souza-Soares, L. A. e Siewerdt, F. 2005. Aves e Ovos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.
- Wu, G. 2013. Aminoacids: Biochemistry and nutrition. CRC Press, London. 482p.

Zhang, H.; Yin, J.; Li, D.; Zhou, X. e Li, X. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domestic Animal Endocrinology* 33:47-61.

V – Exigência de triptofano digestível para codornas japonesas em fase de postura

RESUMO – Este trabalho objetivou estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase inicial de postura, além de verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, o peso dos órgãos, a contagem diferencial leucocitária, a relação heterófilo:linfócito e o comportamento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, apresentando cinco tratamentos (0,14; 0,19; 0,24; 0,29 e 0,34%) e cinco repetições, resultando em 25 unidades experimentais, com 12 codornas por unidade experimental, totalizando 300 aves no período de 42 a 126 dias de idade. Considerando os resultados, estimou-se o nível de 0,14% de triptofano digestível para a fase de postura. O peso de oviduto apresentou efeito quadrático, possibilitando estimar as exigências de 0,24% de triptofano digestível. Os heterófilos e basófilos apresentaram efeito linear decrescente, os linfócitos e monócitos efeito linear crescente e para a relação heterófilo:linfócito foi observado efeito quadrático, possibilitando estimar as exigências de 0,31% de triptofano digestível. Com relação ao comportamento, o triptofano digestível influenciou todas as variáveis avaliadas no período da manhã, exceto a agressividade. As variáveis comendo, bebendo e bem-estar apresentaram efeito linear crescente, em pé apresentou efeito linear decrescente e a variável sentada apresentou efeito quadrático, sendo estimado o nível de 0,21% de triptofano digestível. No período da tarde, somente a variável em pé não foi influenciada pelos níveis de triptofano. A variável comendo e bem-estar apresentaram efeito linear crescente, a agressividade efeito linear decrescente e as variáveis bebendo e sentada efeito quadrático, sendo estimado os níveis de 0,29% e 0,24% de triptofano digestível, respectivamente. No entanto, para esta fase (63 a 126 dias de idade), com base no desempenho, o nível de 0,14% de triptofano digestível foi o mais indicado, relação triptofano:lisina digestível de 13% e consumo de 34,67 mg / ave/ dia de triptofano digestível. Desta forma, a redução do nível de triptofano na dieta convencional não afetará o desempenho das aves e o triptofano demonstrou ser um aminoácido importante, influenciando de forma direta no comportamento das aves em postura, melhorando o seu bem-estar.

Palavras-chave: aminoácidos essenciais, comportamento, perfil hematológico, produção de ovos, qualidade de ovos

V – Standardized ileal digestible tryptophan requirements for japanese laying quails

ABSTRACT – This study aimed to estimate the nutritional requirement of SID tryptophan for japanese quails in initial phase of laying and to verify its effects on egg quality, organ weights, leukocyte differential count, heterophile: lymphocyte ratio and behavior. The experimental design was completely randomized, with 5 treatments (0.14, 0.19, 0.24, 0.29, 0.34%) and 5 replicates, resulting in 25 experimental units with 12 quails per experimental unit, totaling 300 birds from 42 to 126 days of age. Considering the results, the level of 0.14% of SID tryptophan was estimated for the laying phase. Theoviduct weight showed a quadratic effect, permitting to estimate the requirement of 0.24% of SID tryptophan. The heterophiles and basophils showed decreasing linear effect, lymphocytes and monocytes increased linear effect and for the heterophile:lymphocyte ratio a quadratic effect was observed, permitting to estimate the requirement of 0.31% of SID tryptophan. Regarding behavior, the SID tryptophan affected all the variables evaluated in the morning, except for the aggressiveness. The variables eating, drinking and well-being presented increasing linear effect, standing showed decreasing linear effect and the variable sitting presented a quadratic effect, being estimated the level of 0.21% of SID tryptophan. In afternoon only the variable standing was not affected by tryptophan levels. The variable eating and well-being showed increasing linear effect, aggressiveness decreasing linear effect and drinking and sitting variables showed quadratic effect, with estimated levels of 0.29% and 0.24% of SID tryptophan, respectively. However, for this phase (63 to 126 days of age), based on performance, the level of 0.14% of SID tryptophan was the most suited, SID tryptophan:lysine ratio of 13% and SID tryptophan intake of 34,67 mg / bird / day. This way, the reduction of the level of tryptophan in the conventional diet will not affect the performance of the birds and tryptophan has been shown to be an important amino acid influencing directly the behavior of laying birds, improving their welfare.

Keywords: behavior, egg production, egg quality, essential amino acids, hematological profile

5.1. Introdução

O triptofano é um aminoácido que possui papel importante na imunidade, comportamento, ingestão alimentar e na síntese de vários metabólitos que são fundamentais no corpo do animal. Esse aminoácido possui vias metabólicas complexas e importantes, que permitem melhora no bem-estar e adequado desempenho do animal, de modo que sua deficiência afeta o funcionamento de funções vitais no organismo (Le Floch et al., 2010; Le Floch & Seve, 2007).

As codornas são animais agitados e esse comportamento estressante pode afetar a produção de ovos. Como mencionado, o triptofano é um aminoácido relacionado a diversos papéis importantes no metabolismo da ave, entre eles a síntese de serotonina, que pode reduzir a agitação e o comportamento agressivo em codornas. Esse aminoácido também promove aumento no consumo da ração, possibilitando melhora na produção de ovos em codornas (Lima et al., 2012).

Desta forma, o comportamento agressivo em codornas pode ser reduzido com a suplementação ou o uso de maiores níveis de triptofano na dieta, possibilitando também uma produção de ovos mais eficiente, pois as aves diminuem seu comportamento de bicar os ovos, o que melhora a qualidade (Sarcinelli et al., 2016).

De acordo com Allen & Young (1980), a exigência de triptofano digestível para codornas em postura é de 0,17% de Trp (6 a 12 semanas de postura). Já Leeson & Summers (1991) recomendam 0,22% de triptofano total na dieta de codornas na fase de produção. Pinheiro et al. (2008) recomendam 0,21% de Trp para codornas de postura com 21 a 30 semanas de idade. Rostagno et al. (2017) recomendam de 0,22% a 0,24% de Trp, que varia de acordo com o peso corporal da codorna.

Assim, devido à divergência de informações relacionadas à exigência nutricional de aminoácidos essenciais como o triptofano, visto que a maioria das pesquisas são relacionadas às exigências nutricionais dos primeiros aminoácidos limitantes como a metionina, lisina ou metionina+cistina, e também geralmente devido ao uso de tabelas internacionais para formulação das rações, este estudo possibilita ampliar o conhecimento da nutrição de codornas japonesas em fase inicial de postura.

O objetivo deste trabalho foi estimar a exigência nutricional de triptofano digestível para codornas japonesas na fase inicial de postura (9 a 18 semanas), visando à maximização do desempenho zootécnico, além de verificar seus efeitos sobre peso relativo dos órgãos,

perfil hematológico, relação heterófilo:linfócito, qualidade interna e externa dos ovos e comportamento.

5.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados seguem as normas do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 9290010817/2017).

5.2.1. Animais, instalações e manejo

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de maio a setembro de 2016. Foram utilizadas codornas de postura japonesas com 42 dias de idade, fêmeas, adquiridas de criatório comercial com um dia de idade (linhagem Vicami) e criadas convencionalmente em cama até o início do período experimental.

Foram coletados dados médios de temperatura (20,07°C e 25,54°C) e umidade relativa do ar (72,08% e 56,99%) no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros localizados em dois pontos do galpão (início e final). O programa de luz utilizado foi por meio de luz natural na fase de cria e recria.

Aos 42 dias de idade, as codornas foram alojadas em galpão de postura, tipo convencional, contendo gaiolas de arame galvanizado (três aves por gaiola), dispondo de bebedouros tipo *nipple* e comedouro tipo calha.

A água e a ração foram fornecidas à vontade e as temperaturas médias (19,11°C e 22,20°C) e a média da umidade relativa do ar (63,60% e 50,00%) foram registradas sempre no período da manhã e da tarde, por meio de termohigrômetros, localizados em dois pontos do galpão (início e final).

O programa de iluminação utilizado foi de 14 horas de luz (natural + artificial) aos 42 dias de idade e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz (natural + artificial), sendo utilizado um programador automático (*timmer*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lux / m².

5.2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e cinco repetições, em que as rações experimentais consistiram de

cinco níveis de Trp (0,14; 0,19; 0,24; 0,29 e 0,34%). Nesse período foram utilizadas 12 aves por unidade experimental, totalizando 300 aves.

As rações foram formuladas considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para os valores do milho, farelo de soja e do glúten de milho, que foram previamente determinados em laboratório especializado, por meio da metodologia do “near infrared spectroscopy” (Nirs). As dietas experimentais contendo os diferentes níveis de triptofano estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para codornas japonesas em fase de postura

Ingredientes	Triptofano Digestível (%)				
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34
Milho (7,87%)	61,094	61,094	61,094	61,094	61,094
Farelo de soja (46%)	14,753	14,753	14,753	14,753	14,753
Glúten de milho (63%)	6,993	6,904	6,809	6,732	6,655
Ácido Glutâmico	3,000	3,013	3,030	3,030	3,030
Calcário	6,792	6,792	6,792	6,792	6,792
Fosfato bicálcico	1,247	1,247	1,248	1,248	1,248
Sal comum	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
L-lisina HCl (98,50%)	0,654	0,656	0,657	0,658	0,659
DL-Metionina (99,00%)	0,361	0,364	0,366	0,368	0,370
L-Treonina (99,00%)	0,155	0,157	0,159	0,160	0,162
L-Triptofano (98,00%)	0,000	0,051	0,102	0,154	0,205
L-Valina (98,50%)	0,150	0,152	0,154	0,156	0,159
Mistura vitamínica/mineral ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Inerte ²	4,073	4,091	4,108	4,128	4,146
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados					
Energia metabolizável (Kcal.kg ⁻¹)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína bruta (%)	18,800	18,800	18,800	18,800	18,800
Cálcio (%)	2,922	2,922	2,922	2,922	2,922
Fósforo disponível (%)	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
Sódio (%)	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146
Potássio (%)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Cloro (%)	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
Lisina digestível (%)	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097
Metionina+Cistina digestível (%)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Treonina digestível (%)	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
Triptofano digestível (%)	0,140	0,190	0,240	0,290	0,340
Valina digestível (%)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Relação Trp:Lisina digestível (%)	12,762	17,320	21,878	26,436	30,994
BED (mEq/kg ⁻¹) ³	80,40	80,40	80,40	80,40	80,40

¹Mistura vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg da ração); ²Areia fina lavada; ³Balanço eletrolítico na dieta; Trp: triptofano; Vit.A – 4,500,000 UI; Vit. D3 – 1,250,000 UI; Vit. E – 40 mg; Vit. B1 – 2,78 mg; Vit. B2 – 20 mg; Vit. B6 – 5,25 mg; Vit. B12 – 50 mg; Vit. K3 – 10,07 mg; Pantotenato de Cálcio – 40 mg; Niacina – 100 mg; Colina – 1400 mg; Zinco – 315 mg; Ferro – 245 mg; Manganês – 387,5 mg; Cobre – 76,56 mg; Cobalto – 1 mg; Iodo – 4,84 mg; Selênio – 1,27 mg

5.2.3. Desempenho

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção de 21 dias cada, porém para essa análise, foram utilizados os três últimos ciclos. A coleta de ovos foi realizada diariamente às 8h, para cálculo da taxa de postura (%) e massa de ovos (g ovos.ave.dia¹).

As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do respectivo peso médio corporal (g), do consumo de ração (g), do cálculo da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) (g.g⁻¹ de ovos) e da conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) (g.dz⁻¹ de ovos).

As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração e para a determinação da viabilidade de cada unidade experimental.

5.2.4. Qualidade interna e externa dos ovos

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção de 21 dias cada, porém para essa análise, foram utilizados os três últimos ciclos. Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos e a determinação do peso médio dos ovos e, para isso, apenas os ovos viáveis foram utilizados. Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em solução salina, utilizando-se soluções com densidade ajustada por meio de densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL⁻¹ utilizando valores desde 1,060 a 1,090 g.mL⁻¹; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as outras análises de qualidade, três ovos dentro do peso médio da unidade experimental foram identificados e avaliados. Os ovos foram abertos sobre uma placa de vidro para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen, utilizando paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02 mm).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi feita na região do albúmen mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações tanto da gema quanto do albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível avaliar a qualidade interna dos ovos, determinando o índice de gema e de albúmen e a Unidade Haugh (UH). A Unidade Haugh considera a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO) (Unidade Haugh = $100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$).

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas para que posteriormente fosse determinado o peso e a espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando micrômetro (Mitutoyo[®], modelo 700-118 “Quick Mini”). Foi determinado também, o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado utilizando-se a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que PC corresponde ao peso da casca (g) e PO ao peso do ovo (g), ($PCSA = (PC / 3,9782 * PO^{0,7056}) \times 100$).

A gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema, e o peso do albúmen foi obtido por diferença, em que subtraiu-se do peso do ovo, o peso da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca, dividindo-se o peso do respectivo componente pelo peso do ovo e após, multiplicando-se por 100.

5.2.5. Peso relativo dos órgãos

Ao final dos quatro ciclos de postura, dez aves de cada tratamento foram sacrificadas para a avaliação do peso relativo de órgãos internos. O sacrifício foi realizado após as aves passarem por um período de jejum de seis horas. Antes do abate e decorrido o período de jejum, todas as codornas foram pesadas individualmente para a obtenção do peso vivo ao abate (PVA). O sacrifício, a extração dos órgãos e a obtenção do peso relativo dos órgãos foram descritos nos experimentos anteriores.

5.2.6. Contagem diferencial leucocitária e relação heterófilo: linfócito

A contagem diferencial leucocitária foi realizada aos 126 dias de idade. Foram coletadas amostras de sangue de duas aves por unidade experimental (50 amostras), por punção da veia jugular e com uso de seringa heparinizada. Uma pequena amostra de sangue foi utilizada para a confecção dos esfregaços sanguíneos em lâminas de vidro, que foram coradas pelo método May Grunwald-Giemsa e os esfregaços foram observados ao microscópio de luz (Motic[®], ds 300, Xiemen, China) com objetiva de 1000x para a realização da análise.

De acordo com a metodologia, 100 leucócitos de cada lâmina de sangue, inclusive os granulares (heterófilo, eosinófilo e basófilo) e não-granulares (linfócito e monócito), foram examinados e contados, utilizando o aplicativo MsCounter2, possibilitando o cálculo e determinação da porcentagem de cada um dos leucócitos. A relação heterófilo:linfócito foi realizada de acordo com o descrito por Campo & Dávila (2002),

no qual essa relação foi calculada dividindo a porcentagem de heterófilos pela de linfócitos.

5.2.7. *Comportamento*

As aves foram avaliadas durante quatro ciclos de produção de 21 dias. A análise comportamental foi realizada na última semana de cada ciclo, durante três dias seguidos e somente durante o período de luz, sendo dividida em comportamento das aves pela manhã e comportamento das aves à tarde. Foram alojadas três aves por gaiola, totalizando 100 gaiolas dispostas em um lado do galpão. Foram avaliados os comportamentos apresentados por todas as codornas alojadas na gaiola. As variáveis analisadas foram aves que estavam comendo, bebendo, sentada, em pé, em bem-estar e em comportamento agressivo, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Etograma das variáveis observadas em codornas de postura

Comportamento	Descrição
Comendo	Alimentando no comedouro
Bebendo	Bebendo água no bebedouro
Sentada	Ave sentada ou agachada na gaiola
Em pé	Ave parada ou em movimento e em pé
Bem-estar	Comportamento em que a ave bate e estica as asas ou chacoalha as penas
Agressividade	Comportamento agressivo em que uma ave bica o corpo de outra ave ou apresenta qualquer comportamento agressivo ou de dominância

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2013)

Na frente das gaiolas, foi instalada uma câmera de vídeo a cada 6 unidades experimentais, para registro das imagens. Essas câmeras foram ligadas a um computador que possuía placa de captura de imagens. Os dados gerados foram armazenados em HD externo para que após a coleta de todos os dados, as imagens

fossem avaliadas pelo método visual, por um mesmo observador, no qual a análise comportamental foi realizada a cada 10 minutos.

Para monitoramento do ambiente, a temperatura do globo negro, a temperatura relativa do ar, a velocidade do ar e a umidade relativa foram mensuradas a cada hora. A partir dos dados do ambiente térmico interno dos galpões, calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), de acordo com a equação: $ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08$, no qual a T_{gn} corresponde a temperatura do globo negro (Kelvin) e a T_{po} a temperatura do ponto de orvalho (Kelvin) (Buffington et al., 1981).

5.2.8. Análise estatística

As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem e transformadas para $\log(x+1)$. A análise estatística dos dados para o experimento foi realizada por meio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2014). Para o teste dos efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo descrito abaixo e, em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk).

$$Y_{ik} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon_{ik}$$

em que:

Y_{ik} = variável medida na unidade experimental k , alimentada com dieta contendo o nível i de Trp;

β_0 = constante geral;

β_1 = efeito do Trp;

β_2 = efeito do Trp ao quadrado;

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

As variáveis que apresentaram efeito dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial para determinação dos modelos de melhor ajuste (linear ou quadrático), conforme o melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável. Por meio do modelo quadrático, foi possível estimar os valores das exigências nutricionais.

5.3. Resultados

Não foi verificado efeito significativo do fator Trp sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas na fase de postura (63 a 126 dias) (Tabelas 2 e 3). Para os pesos relativos dos órgãos (Tabela 4) observou-se para o peso do oviduto efeito quadrático, em que seu nível foi estimado em 0,24% de Trp.

Com relação à contagem diferencial leucocitária (Tabela 5), o Trp não influenciou os eosinófilos, os heterófilos e basófilos apresentaram efeito linear decrescente, os linfócitos e monócitos efeito linear crescente, já a relação heterófilo:linfócito apresentou efeito quadrático, com nível estimado em 0,31% de Trp.

Para análise de comportamento aos 126 dias de idade, o Trp afetou todas as variáveis avaliadas no período da manhã (Tabela 6), exceto a agressividade. No período da tarde, somente a variável em pé não foi influenciada pelo aminoácido (Tabela 7).

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível

Variáveis	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
PM (g)	169,86	167,80	171,25	170,66	171,65	0,927
CR (g.ave.dia ⁻¹)	24,76	24,68	24,68	23,73	24,60	0,357
TP (%)	86,40	87,19	85,36	83,39	85,20	0,916
MO (g.ave.dia ⁻¹)	9,42	9,48	9,34	9,03	9,33	0,111
VIA (%)	96,67	91,67	95,00	96,67	95,00	1,361
CAMO	2,64	2,63	2,66	2,66	2,66	0,032
CADZ	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,004
IPO (dias)	55,40	51,80	56,00	54,60	55,00	0,640
CTrp (mg.ave.dia ⁻¹)	34,67	46,89	59,23	68,83	83,64	3,579

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; PM: peso médio; CR: consumo de ração diário; TP: taxa de postura; MO: massa de ovos; VIA: viabilidade; CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; CTrp: consumo de triptofano digestível

Tabela 3. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de triptofano digestível

Qualidade ovos	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
UH	95,61	96,65	96,45	95,58	96,53	0,223
IG	0,50	0,51	0,51	0,52	0,51	0,003
IA	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,002
GE (g.mL ⁻¹)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,000
PO (g)	10,89	10,87	10,93	10,82	10,97	0,048
PC (g)	0,84	0,83	0,84	0,83	0,83	0,006
PG (g)	3,29	3,34	3,34	3,29	3,30	0,021
PA (g)	6,75	6,70	6,75	6,69	6,84	0,034
% Casca	7,71	7,65	7,65	7,69	7,57	0,036
% Gema	30,22	30,68	30,53	30,41	30,12	0,142
% Albúmen	62,07	61,67	61,81	61,90	62,32	0,149
PCSA	3,92	3,88	3,89	3,90	3,85	0,020
ESPC (mm)	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,001

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; UH: unidade Haugh; IG: índice de gema; IA: índice de albúmen; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PC: peso de casca; PG: peso de gema; PA: peso de albúmen; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca

Tabela 4. Peso relativo dos órgãos de codornas japonesas em postura (126 dias de idade) em função dos níveis de triptofano digestível

Órgãos	Trp (%)					EPM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Pâncreas (%)	0,25	0,25	0,26	0,22	0,23	0,012
Pró-ventrículo (%)	0,52	0,48	0,53	0,49	0,45	0,011
Intestino (%)	4,25	4,20	4,22	4,04	4,17	0,120
CI (cm)	63,23	65,30	65,37	60,15	62,23	1,043
Fígado (%)	3,72	3,25	3,40	3,31	3,41	0,108
Pulmão (%)	0,73	0,75	0,74	0,77	0,77	0,020
Coração (%)	0,87	0,83	0,77	0,84	0,85	0,017
Oviduto (%)	5,05	6,82	7,75	5,87	5,56	0,360

Equações de regressão	P-valor	R ²	Estimativas
	Trp		Trp (%)
Ov = -4,312 + 95,862Trp - 199,429Trp ²	<0,019(Q)	0,90	0,24

Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; cm: centímetros; CI: comprimento intestino; Ov: oviduto; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático

Tabela 6. Comportamento em codornas de postura aos 126 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período da manhã

Comportamento	Manhã					EPM
	Trp (%)					
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Comendo	1,14 (12,90%)	1,34 (21,00%)	1,45 (27,10%)	1,52 (32,18%)	1,52 (32,12%)	0,029
Bebendo	0,55 (2,60%)	0,97 (8,40%)	1,05 (10,28%)	1,11 (11,82%)	1,12 (12,10%)	0,044
Sentada	1,36 (21,80%)	1,43 (25,90%)	1,43 (25,68%)	1,29 (18,67%)	1,28 (18,04%)	0,013
Em pé	1,79 (60,50%)	1,63 (41,42%)	1,49 (30,24%)	1,45 (27,42%)	1,42 (25,50%)	0,028
Bem-Estar	0,32 (1,10%)	0,57 (2,72%)	0,84 (5,94%)	1,02 (9,60%)	1,10 (11,52%)	0,060
Agressividade	0,32 (1,10%)	0,18 (0,56%)	0,24 (0,76%)	0,12 (0,31%)	0,23 (0,72%)	0,019
			P-valor		Estimativas	
Equações de regressão			Trp	R ²	Trp (%)	
C= 0,946+1,868Trp			<0,001(L)	0,87	-	
B= 0,347+2,551Trp			<0,001(L)	0,72	-	
S= 1,044+3,551Trp-8,611Trp ²			<0,001(Q)	0,68	0,21	
EmP= 1,991-1,813Trp			<0,001(L)	0,89	-	
BE= -0,195+4,018Trp			<0,001(L)	0,96	-	

¹Dados transformados (Log x+1). Valores entre parênteses são as porcentagens dos comportamentos; Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; C: comendo; B: bebendo; S: sentada; EmP: em pé; BE: bem-estar; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático; L: efeito linear

Tabela 7. Comportamento em codornas de postura aos 126 dias de idade em função dos níveis de triptofano digestível no período da tarde

Comportamento	Tarde					EPM
	Trp (%)					
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Comendo	1,04 (9,90%)	1,28 (18,26%)	1,36 (22,88%)	1,52 (32,06%)	1,52 (32,38)	0,037
Bebendo	0,78 (5,20%)	1,04 (10,14%)	1,05 (12,20%)	1,18 (14,24%)	1,16 (13,50%)	0,031
Sentada	1,34 (20,70%)	1,38 (23,84%)	1,39 (33,92%)	1,36 (21,86%)	1,36 (21,88%)	0,015
Em pé	1,79 (61,20%)	1,66 (44,34%)	1,54 (24,88%)	1,39 (23,92%)	1,38 (23,26%)	0,035
Bem-Estar	0,25 (0,80%)	0,41 (1,60%)	0,73 (4,72%)	0,91 (7,06)	0,96 (8,42)	0,058
Agressividade	0,50 (2,20%)	0,45 (1,82%)	0,32 (1,40%)	0,27 (0,86%)	0,19 (0,56%)	0,026
			P-valor		Estimativas	
Equações de regressão			Trp	R ²	Trp (%)	
C=0,768+2,415Trp			<0,001(L)	0,90	-	
B=-0,235+9,688Trp-6,480Trp ²			<0,001(Q)	0,75	0,29	
S=0,717+6,189Trp-12,851Trp ²			<0,001(Q)	0,56	0,24	
BE=-0,264+3,841Trp			<0,001(L)	0,94	-	
Ag=0,748-1,634Trp			<0,001(L)	0,98	-	

¹Dados transformados (Log x+1). Valores entre parênteses são as porcentagens dos comportamentos; Trp: triptofano digestível; EPM: erro padrão da média; C: comendo; B: bebendo; S: sentada; BE: bem-estar; Ag: agressividade; R²: coeficiente de determinação; Q: efeito quadrático; L: efeito linear

5.4. Discussão

Acredita-se que o triptofano esteja envolvido no estímulo do consumo, por meio de uma série de mecanismos, porém, de acordo com Landeiro & Quarantini (2011), a administração de triptofano pode aumentar a síntese de serotonina em até duas vezes, no entanto, não significa que a liberação de serotonina será notavelmente potencializada, desta forma, não significa que ocorrerá esse notável aumento do consumo.

Desta forma, devido à falta de efeito significativo dos níveis de triptofano digestível sobre as variáveis de desempenho o menor nível utilizado (0,14% de Trp) é o recomendado para codornas japonesas em postura devido não ocorrer muitas variações nos valores das variáveis analisadas e, dessa forma, o aumento no nível de triptofano não contribui para uma maximização no desempenho. Ou, talvez, os níveis dietéticos de triptofano não foram suficientes para que fossem verificados efeitos significativos.

Corroborando, Rizzo et al. (2008), em um experimento para estudar o efeito de diferentes planos alimentares, de acordo com os níveis de triptofano, sobre o desempenho em codornas japonesas em postura (45 a 146 dias de idade), concluíram que os níveis de triptofano testados não influenciaram no desempenho de codornas japonesas na fase de postura. Desta forma, o menor nível ofertado (0,23% de Trp) foi o estipulado para a fase de postura, respeitando os níveis nutricionais de proteína e energia dos planos alimentares.

Pinheiro et al. (2008) avaliaram o efeito dos níveis de triptofano em dietas para codornas japonesas em postura (21 a 30 semanas de idade) e observaram que somente as variáveis consumo de triptofano e produção de ovos apresentaram efeitos significativos. Esses autores concluíram que o nível de 0,21% de triptofano digestível e uma relação triptofano:lisina de 21% são adequados, isso com base na produção de ovos. Esse valor é superior ao determinado no presente estudo, visto que a idade das codornas avaliadas no presente estudo é inferior, podendo ocasionar diferenças nas exigências, devido às mudanças que ocorrem de acordo com o avanço da idade na postura.

O NRC (1994) recomenda 0,19% de triptofano digestível para codornas japonesas na fase de postura, em dietas com 20% de proteína bruta e 2900 Kcal/kg de energia metabolizável, sendo esse valor acima do recomendado neste estudo. Rostagno et al. (2017) determinaram a exigência de 0,24% de triptofano digestível para codornas japonesas com 190 g de peso vivo na fase de postura. Essa exigência também é maior que a determinada no presente estudo, porém deve-se levar em consideração o peso das

aves, uma vez que neste estudo o peso médio das codornas é inferior, também resultando em diferenças nas exigências.

Allen & Young (1980), em um estudo de exigências de aminoácidos para codornas, determinaram a exigência de 0,17% de triptofano digestível para codornas japonesas em postura. O recomendado por esses autores é o valor que mais se aproxima do recomendado para a fase de postura no presente trabalho (0,14% de Trp). Já Silva & Costa (2009) recomendam 0,18% e 0,20% de triptofano digestível para codornas japonesas nas fases de postura I e II, respectivamente, sendo observada também nesta situação uma menor exigência de triptofano digestível. Shim & Lee (1993) também determinaram a exigência de 0,18% de triptofano digestível para codornas japonesas em postura, objetivando uma ótima produção de ovos e eficiência alimentar.

A determinação da relação triptofano:lisina é muito importante para que não comprometa a conversão do triptofano em seus produtos nas vias metabólicas aos quais participa (serotonina, melatonina, niacina) e, ainda, permita a renovação celular e reponha as perdas gastrintestinais, garantindo um padrão ideal de manutenção no animal (Hahn & Baker, 1995).

Assim sendo, considerando os resultados obtidos e visando o máximo desempenho para codornas japonesas na fase de postura (63 a 126 dias de idade) as rações podem ser formuladas com 0,14% de triptofano digestível e uma relação ideal triptofano:lisina de 13%, com um consumo diário de triptofano de 34,67 mg. Desta forma, a correta determinação das exigências na fase de postura é muito importante, pois permite que a ave mantenha uma adequada produção de ovos, além de prolongar seu período de postura.

É provável que essa menor exigência em triptofano digestível no período de 63 a 126 dias de idade é devido ao uso de rações adequadas e que atendam às exigências em todos os nutrientes das codornas, de modo que o mínimo oferecido foi o suficiente para um adequado desenvolvimento nas codornas, não afetando o desempenho na postura e nem a qualidade dos ovos.

As variáveis analisadas se encontram dentro dos valores adequados para codornas japonesas, visto que as aves se encontravam em peso adequado para a postura, pois as codornas japonesas criadas no Brasil possuem peso médio de aproximadamente 120-170 g (Souza-Soares & Siewerdt, 2005) e de acordo com Albino & Barreto (2003), o peso dos ovos de codornas variam de 9 a 13 g, dependendo da idade, alimentação, temperatura ambiente e espécie (Santos et al., 2011). Comprovando que a

suplementação com triptofano objetivando uma melhora na postura e desempenho, não é interessante.

Com relação à qualidade de ovos, todas as variáveis analisadas apresentaram valores muito próximos, independente do nível de triptofano digestível ofertado, de modo que este aminoácido não influencia em características importantes como o peso do ovo, qualidade de casca, gema e albúmen.

Santos et al. (2011) discorrem que a porcentagem de albúmen corresponde a 60% do ovo, sendo composta por água e proteínas, principalmente a albumina. Já a gema corresponde a 30-32% do peso do ovo e é constituída por água, proteínas e lipídeos. Os resultados obtidos no presente estudo são muito próximos aos estipulados por esses autores, independente do nível de triptofano ofertado na dieta, indicando que o triptofano não possui papel importante na alteração dessas características de qualidade do ovo.

Com relação ao peso relativo de órgãos, o peso de oviduto apresentou efeito quadrático, em que o oviduto apresenta crescimento até atingir o nível de 0,24% de triptofano digestível e a partir de então tem seu crescimento reduzido. Devido às codornas estarem em postura, esse comportamento de desenvolvimento de oviduto é adequado, porém níveis superiores a 0,24% de triptofano digestível, afetam o desenvolvimento desse órgão, no entanto, não foi verificada redução na postura ou no peso dos ovos de codornas japonesas com o aumento do nível de triptofano.

É importante notar que o fato do triptofano influenciar o oviduto na fase de postura, pode indicar que este aminoácido influencie no desenvolvimento do mesmo em codornas japonesas (Costa et al., 2012). De acordo com Lima (2013), o aumento no nível de triptofano para codornas japonesas melhorou o desenvolvimento do magno (glândulas tubulares mais ativas) e do útero (aumento da quantidade de dobras secundárias, resultando em hiperplasia), de modo que, possivelmente, o fornecimento de níveis de triptofano possa acelerar o desenvolvimento do oviduto.

Quando se realiza a análise de contagem diferencial leucocitária, deve-se considerar que os valores obtidos apresentam variações em função da espécie, da população, fatores genéticos, do território, habitat, sexo, idade, estado fisiológico, estação do ano, manejo, densidade de lotação, número de amostras utilizadas, entre outros (Vila, 2013).

Aos 126 dias de idade, no presente estudo, observou-se uma diminuição da porcentagem de heterófilo e aumento na porcentagem de linfócitos com o aumento dos

níveis de triptofano digestível, confirmando possivelmente redução no estresse. Verifica-se que os menores níveis de triptofano ofertados podem indicar maior estado de estresse nas aves, devido a uma maior concentração de heterófilos, pois de acordo com Rosa et al. (2011), o aumento de heterófilos na circulação sanguínea indica uma condição de estresse no animal, ou processo infeccioso.

Esse fato pode estar relacionado ao menor aporte de triptofano para a síntese de serotonina e essa redução na síntese de serotonina pode prejudicar a regulação do comportamento, como o estresse.

Rosa et al. (2011) confirmam que a relação heterófilo:linfócito (H:L) é um parâmetro bastante eficiente para a mensuração de grau de bem-estar em galinhas, sendo essa relação alterada devido ao aumento de heterófilos e a redução de linfócitos, indicando uma redução no bem-estar do animal.

No presente estudo, foi observado que a relação heterófilo:linfócito também diminuiu com o aumento dos níveis de triptofano digestível e, de acordo com Gross & Siegel (1983), a relação heterófilo:linfócito demonstra ser um bom indicador do estresse social. Esses autores ainda indicam a existência de três valores que são utilizados para identificar o grau de estresse para galinhas, e que se baseiam no quociente entre heterófilos e linfócitos (H:L): 0,2 que indica estresse baixo, 0,5 estresse intermediário e 0,8 para estresse alto.

De acordo com os resultados obtidos para a relação heterófilo:linfócito, o maior nível de triptofano (0,34% de Trp) indicou estresse baixo, os níveis de 0,19%, 0,24%, 0,29% de Trp indicaram estresse intermediário e o menor nível (0,14% de Trp) indicou alto estresse. Assim, o triptofano confirma sua atuação na manutenção do bem-estar e regulação da imunidade para codornas japonesas, possivelmente por meio de mecanismos relacionados à via da serotonina e da quinurenina.

Ainda, o valor obtido para o menor nível de triptofano digestível extrapola os valores utilizados por Gross & Siegel (1983) para classificação do grau de estresse, indicando estado de estresse severo nessas codornas. Considerando que as codornas são aves tipicamente agitadas e estressadas, esse seu comportamento também pode ter influenciado na obtenção desses maiores valores, ou mesmo, a atuação de mecanismos que regulam o estresse podem ter sido suprimidos com esse menor nível.

Com relação à resposta imune, Pedrosa (2006) discorre que em processos inflamatórios ocorre a ativação da enzima IDO, que irá catabolizar o triptofano em seus metabólitos que possuem participação na modulação da resposta imune, seja inibindo a

proliferação de linfócitos T ou induzindo a apoptose das mesmas células. Em situações de estresse ocorre a produção de hormônios como o cortisol que estimula a expressão da enzima TDO. Assim, destaca-se que a enzima IDO e TDO apresentam papel imunoregulatório nesse mecanismo de depleção de triptofano (Le Floch et al., 2010).

Desta forma, no presente estudo devido à falta de desafios sanitários ou estressores que pudessem resultar em processos inflamatórios ou em um estado de estresse na ave, foi observado que os maiores níveis de triptofano fornecidos possibilitaram aumento no número de linfócitos, indicando uma possível situação de bem-estar, que pode estar relacionada à via da serotonina, um neurotransmissor que afeta o comportamento, secreção do hormônio do estresse e a imunidade (Henry et al., 1992).

Os valores hematológicos para codornas japonesas em postura encontrados neste estudo são importantes para que se obtenha valores de referência para animais desta espécie, devido à divergência de informações sobre o presente assunto na literatura. A manutenção do bem-estar na fase de postura é essencial para que as codornas sejam menos estressadas e aumentem a sua imunidade, resultando em animais mais saudáveis e que desta forma possam maximizar a produção de ovos.

Com relação ao comportamento de codornas na postura (126 dias de idade) no período da manhã, as variáveis comendo, bebendo, em pé e bem-estar, apresentaram efeito linear e a variável sentada apresentou efeito quadrático. Na avaliação do comportamento no período da tarde, as variáveis bebendo e sentada apresentaram efeito quadrático, as variáveis comendo e bem-estar efeito linear crescente e a agressividade efeito linear decrescente conforme se aumenta os níveis de triptofano na dieta.

Nas avaliações dos dois períodos, o aumento dos níveis de triptofano digestível propiciou incremento no consumo de ração pelas aves, devido ao maior acesso das mesmas ao comedouro, porém, somente pela manhã ocorreu também aumento no consumo de água, visto que normalmente o animal come mais e consecutivamente bebe mais água. De acordo com Rech et al. (2010) o incremento de níveis de triptofano no cérebro pode aumentar a eficiência de uso e acesso a comedouros e bebedouros pelas aves.

No período da tarde, no nível de 0,34% de triptofano digestível ocorre uma redução no comportamento bebendo, no entanto nos níveis anteriores foi observado um aumento gradativo neste comportamento, indicando o comportamento quadrático dessa

variável, sendo possível observar que até certo ponto as aves diminuem seu consumo de água.

O bem-estar é uma variável bastante importante e foi diretamente afetada pelo triptofano, de forma que o aumento dos níveis de triptofano digestível na dieta permitiu um aumento no bem-estar das aves, pois de acordo com Henry et al. (1992) o fornecimento de serotonina em níveis adequados promove o bem-estar. Ainda, segundo Guzik et al. (2006), a suplementação com o aminoácido triptofano pode aumentar as concentrações de serotonina em algumas espécies, como suínos, galinhas e ratos e, desta forma, alterar a resposta do animal ao estresse, reduzindo a síntese de hormônios relacionados ao estresse e aumentando o bem-estar nos mesmos.

Corroborando, Li et al. (2011) relatam que a serotonina possui efeito sedativo, inibindo alguns comportamentos agressivos, ansiedade e dor em diversas espécies, assim como nas aves. Shea et al. (1990), avaliando frangos com quatro semanas de idade até seu desenvolvimento e utilizando três níveis de triptofano observaram redução na bicagem, caracterizada como um comportamento agressivo.

Guandolini et al. (2004) avaliaram o efeito da inclusão de triptofano na dieta sobre o comportamento agressivo em codornas na recria, não verificaram efeito dos níveis testados, diferindo do observado no presente estudo, em que a agressividade foi reduzida no período da tarde, com aumento dos níveis de triptofano ofertados na dieta.

As codornas são agitadas e ativas na postura, no entanto, durante o manejo diário dos animais em todo período experimental foi observado o efeito do triptofano na diminuição do comportamento agressivo e na promoção do bem-estar nas aves, assim como, no aumento do acesso a comedouro, em que estas diferenças puderam ser comprovadas estatisticamente.

O triptofano estimula a expressão gênica para síntese de grelina no fundo gástrico e aumenta a grelina nos níveis plasmáticos, sendo a grelina um hormônio responsável por estimular o apetite, e desta forma, esses mecanismos podem ter contribuído para o aumento ao acesso no comedouro, mas necessariamente não no consumo (Zhang et al., 2007).

No período da manhã, os maiores níveis de triptofano digestível diminuíram a porcentagem das aves em pé. Por outro lado, no período da tarde, esse comportamento não foi afetado pelos diferentes níveis de triptofano estudados.

Em codornas japonesas em postura, observou-se pela manhã, que ao nível de 0,21% de triptofano digestível ocorreu redução no comportamento sentada. O mesmo foi observado no período da tarde, em que a porcentagem que as aves permaneceram sentadas aumentou até o nível de 0,24% de triptofano digestível, e, posteriormente, ocorreu redução nesse comportamento, ou seja, as aves permaneceram menos tempo sentadas nos maiores níveis de triptofano fornecidos.

Uma das estratégias adotadas consistiu na suplementação com aminoácidos sintéticos e redução da proteína bruta da dieta, obedecendo ao conceito de proteína ideal, como realizado neste estudo, em que pode ter contribuído na redução de aminoácidos neutros de cadeia longa, permitindo maior aporte de triptofano para síntese de serotonina (Castilha et al., 2016).

Desta forma, as concentrações de triptofano e o período em que foi fornecido na dieta permitiram alterações nos comportamentos, de modo que, possivelmente ocorreu essa redução na competição com os aminoácidos neutros de cadeia longa, permitindo maior disponibilidade de triptofano para síntese de serotonina, de modo que pudesse desempenhar seu papel alterando alguns comportamentos importantes (Shen et al., 2012). Esse resultado indica uma semelhança entre o efeito sedativo do triptofano via serotonina no comportamento de codornas japonesas em postura com relação a outras espécies.

Com relação às condições ambientais e avaliando seus efeitos no bem-estar das aves, foi calculado o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) que se caracteriza como a forma mais precisa de avaliação do conforto animal (Gomes et al., 2011). Em ambientes considerados confortáveis, o ITGU varia de 69 a 77 e as aves apresentam-se em bem-estar, ou seja, tranquilas, sem tremor e, consecutivamente, adequado desempenho (Medeiros et al., 2005).

No presente estudo verificou-se que o valor de ITGU para o período da manhã foi inferior ao estipulado para ambientes em conforto térmico (59) e, no período da tarde, os animais estavam em conforto térmico (69). Esse menor valor pela manhã pode ser explicado devido a menor média de temperatura (14,75°C), afetando o conforto animal. A tarde foi de 21,83°C, no qual esse valor se encontra dentro da faixa de temperatura ideal para codornas adultas que varia de 18°C a 22°C.

Os maiores valores de temperatura no período da tarde permitiram maior consumo de água pelas aves, em relação ao período da manhã, devido essas aves necessitarem perder menos calor corporal. No entanto, de manhã devido às temperaturas serem mais

amenas e também pelo fato de ser o horário de arraçoamento, ocorreu maior consumo de ração, comparado à tarde.

É importante ressaltar que o período em que o experimento foi realizado foi favorável para não prejudicar as aves, visto que épocas do ano de calor intenso que afetam o conforto animal podem prejudicar o desempenho, assim como a produção de ovos, o metabolismo, a saúde e a resposta imune dos animais (Gomes et al., 2011).

Como observado, o aumento dos níveis de triptofano aumentou o bem-estar nas aves no período da manhã, de modo que este aminoácido possa ter influenciado de maneira positiva essa promoção do bem-estar, independente do ambiente ao qual o animal está inserido, de modo que a produção de hormônios relacionados ao bem-estar atue de forma direta nessa característica de comportamento nas codornas em postura.

5.5. Conclusão

Níveis de 0,14 a 0,34% de triptofano digestível não afetaram o desempenho de codornas japonesas. Assim, a exigência de triptofano digestível é de 0,14% de triptofano digestível, relação triptofano:lisina digestível de 13% e consumo de 34,67 mg / ave /dia de triptofano digestível, para codornas na fase de postura (63 a 126 dias de idade).

5.6. Referências

- Albino, L. F. T. e Barreto, S. L. T. 2003. Criação de codornas para produção de ovos e carnes. 7th ed. Viçosa, Minas Gerais.
- Allen, N. K. e Young, R. J. 1980. Studies on the amino acid and arotein requirements of laying japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Poultry Science 59:2029-2037.
- Buffington, C. S.; Collazo-arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W. e Collier, R. J. 1981. Black globe humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph: Transactions of the ASAE. 24:711-714.
- Campo, J. L. e Dávila, S. G. 2002. Influence of mating ratio and group size on indicators of fearfulness and stress hens and cocks. Poultry Science 81:1099-1103

- Castilha, L. D.; Sangali, C. P.; Esteves, L. A. C.; Muniz, C. F.; Furlan, A. C.; Vasconcellos, R. S. e Pozza, P. C. 2016. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100 kg) fed low protein diets with different levels of tryptophan and B6 vitamin. *Applied Animal Behavior* 180:35-42.
- Costa, J. H. S.; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P. e Santos, L. F. D. 2012. Diferentes relações triptofano digestível: Lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7:56-63.
- Gomes, R. C. C.; Júnior, T. Y.; Lima, R. R.; Yanagi, S. N. M.; Carvalho, V. F. e Damasceno, F. A. 2011. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade e do impacto das variações climáticas em galpões avícolas climatizados. *Ciência Rural*. 41:1645-1651.
- Gross, W. B. e Siegel, H. S. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases Athens*. 27:972-979.
- Guandolini, G. C.; Rizzo, P. V.; Monsalves, F. M. e Moraes, V. M. B. 2004. Avaliação de imobilidade tônica e agressividade em codornas na fase de recria: efeitos da inclusão de triptofano na alimentação. p.96. In: Anais II Simpósio Internacional e I Congresso Brasileiro de Coturnicultura, Lavras
- Guzik, A. C.; Matthews, J. O.; Kerr, B. J.; Bidner, T. D. e Southern, L. L. 2006. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science* 84:2251-2259.
- Hahn, J. D. e Baker, D. H. 1995. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. *Journal of Animal Science* 73:482-489.
- Hamilton, R. M. G. 1982. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science* 61:2022-2039.
- Henry, Y.; Séve, B.; Colleaux, Y.; Ganier, P.; Saligaut, C. e Jégo, P. 1992. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *Journal of Animal Science* 70:1873–1887.

- Landeiro, F. M. e Quarantini, L. C. 2011. Obesidade: controle neural e hormonal do comportamento alimentar. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*. 10: 236-245.
- Leeson, S. e Summer, J. D. 1991. *Commercial poultry nutrition*. 283p. Guelph: University Books.
- Le Floc'h, N.; Otten, W.; Merlot, E. e Seve, B. 2010. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. *Amino Acids*, Springer 1-11.
- Le Floc'h, N. e Seve, B. 2007. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. *Livestock Science* 112:23-32.
- Li, Y. Z.; Baidoo, S. K.; Johnston, L. J. e Anderson, G. E. 2011. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. *Journal of Animal Science* 89:1899-1907.
- Lima, M. R. 2013. Exigências nutricionais de treonina e triptofano para codornas japonesas e galinhas poedeiras leves em postura (Capítulo I). Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/exigencias-nutricionais-treonina-triptofano-t38410.htm>> Acesso em: 08/05/2018.
- Lima, M. R.; Costa, F. G. P.; Guerra, R. R.; Silva, J. H. V.; Rabello, C. B.; Miglino, M. A.; Nogueira, E. T. e Pinheiro, S. G. 2012. Digestible tryptophan:lysine ratio for laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41:2203-2210.
- Medeiros, C. M.; Baêta, F. C.; Oliveira, R. F. M.; Tinoco, I. F. F. e Albino, L. F. T. 2005. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na agricultura*. 13:277-286.
- National Research Council - NRC. 1994. *Nutrient requirements of poultry*. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pedrosa, A. M. C. 2006. Triptofano, melatonina e seus produtos de oxidação: Ações sobre os linfócitos T. Tese (D.Sc.) Faculdade de ciências farmacêuticas, São Paulo, SP, Brasil.

- Pereira, D. F.; Batista, E. S.; Sanches, F. T.; Filho, L. R. A. G. e Bueno, L. G. F. 2013. Comportamento de poedeiras criadas a diferentes densidades e tamanhos de grupo em ambiente enriquecido. *Pesquisa agropecuária brasileira* 48:682-688.
- Pinheiro, S. R. F.; Barreto, S. L. T.; Albino, L. F. T.; Rostagno, H. S.; Umigi, R. T. e Brito, C. O. 2008. Efeito dos níveis de triptofano digestível em dietas para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1012-1016.
- R development core team. 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.rproject.org.2014>>. Acesso em: 20/11/2017.
- Rech, O. A.; Waine, P. J.; Nicolao, N. A. F.; Silva, C. A. e Oba, A. 2010. Efeito da linhagem, espaço na gaiola e nível de triptofano dietético no desempenho de poedeiras comerciais. *Semina: Ciências agrárias* 31:1051-1058.
- Rizzo, P. V.; Guandolini, G. C.; Amoroso, L.; Malheiros, R. M. e Moraes, V. M. B. 2008. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1017-1022
- Rodrigues, P. B.; Bertechini, A. G.; Oliveira, B. C.; Teixeira, A. S. e Oliveira, A. I. G. 1996. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 25:248-260.
- Rosa, G. A.; Sorbello, L. A.; Dittrich, R. L.; Moraes, M. T. T. e Oliveira, E. G. 2011. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. *Revista Ciência Rural* 11:1-6.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Abreu, M. L. T.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. e Brito C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas

brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Santos, D. C.; Oliveira, E. N. A.; Mota, J. K. M.; Dantas, R. T. e Peixoto, J. P. N. 2011. Características físicas e químicas de ovos comerciais de codornas das linhagens japonesa e americana. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais* 9:299-306.

Sarcinelli, M. F.; Sakomura, N. K.; Silva, E. P.; Venturini, K. S.; Dorigam, J. C. P. e Trevizani, I. 2016. Tryptophan intake for maintenance of Japanese quail. In: 1st International meeting of advances in animal science. Jaboticabal-São Paulo.

Shea, M. M.; Mench J. A. e Thomas, O. P. 1990. The effect of dietary tryptophan on aggressive behavior in developing and mature broiler breeder males. *Poultry Science* 10:1664-1669.

Shim, K. F. e Lee, T. K. 1993. Effect of dietary essential amino acids on egg production of laying Japanese quail. *Sing. Journal of Primary Industry* 21:72-75.

Silva, J. H. V. e Costa, F. G. P. 2009. Tabelas para codornas japonesas e européias. Jaboticabal:Funep, 107p.

Souza-Soares, L. A. e Siewerdt, F. 2005. Aves e Ovos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

Vila, L. G. 2013. Hematologia em aves: Revisão de literatura. In: Seminários Aplicados (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Zhang, H.; Yin, J.; Li, D.; Zhou, X. e Li, X. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domestic Animal Endocrinology* 33:47-61.

VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou a determinação das exigências nutricionais de triptofano digestível (TD) para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 7 dias e 8 a 14 dias), recria (15 a 42 dias) e produção, além de verificar o efeito residual que os diferentes níveis destes nutrientes fornecidos na fase de recria poderiam acarretar durante a fase de produção.

As exigências estimadas para a fase de cria (1 a 7 dias e 8 a 14 dias) foram 0,27% e 0,16% de triptofano digestível, respectivamente; para a fase de recria (15 a 42 dias) foram estimados 0,16% de triptofano digestível e para a fase de produção, os níveis recomendados são 0,14% de triptofano digestível. Além disso, foi verificado na postura efeito residual dos níveis de triptofano digestível a que as aves foram submetidas na fase de recria.

Este estudo permitirá um maior conhecimento do metabolismo das codornas japonesas por meio dos resultados apresentados e das funções que o triptofano digestível desempenha no organismo da ave. Além disso, fornece uma fonte de dados para outros estudos, uma vez que são escassos os trabalhos relacionados a tal assunto para codornas japonesas, principalmente estudos relacionados aos possíveis efeitos residuais de dietas com diferentes níveis de triptofano digestível para esta espécie.

Desta forma, a divisão proposta no presente estudo, nos permite dados mais acurados possibilitando a formulação de rações mais adequadas a cada fase das codornas japonesas, de modo que atenda suas exigências para as diferentes etapas de crescimento e para a produção, objetivando uma maximização no desempenho dessas aves.

Com relação ao comportamento, o método de avaliação (análise visual humana) utilizado permitiu correta análise dos dados, no entanto, para futuras investigações seria interessante o uso de software para interpretação e análise das imagens, permitindo uma análise um pouco mais precisa e menos subjetiva das imagens coletadas durante todo período experimental.

Na comparação entre os métodos de análise de comportamento, visual ou por meio de câmeras, acredito que a melhor maneira seja por meio de câmeras de vídeo, devido à possibilidade de voltar e ou adiantar a filmagem, de modo que a análise seja mais acurada.