

ARELE ARLINDO CALDERANO

RELAÇÃO TRIPTOFANO:LISINA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

ARELE ARLINDO CALDERANO

RELAÇÃO TRIPTOFANO:LISINA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 16 de maio de 2011.

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto
(Co-orientador)

Prof. Paulo Borges Rodrigues

Dr. Edwiney Sebastião Cupertino

Dra. Priscila D'Agostini de Almeida

Prof. Paulo Cezar Gomes
(Orientador)

A Deus, autor da vida, meu abrigo, conforto e fortaleza.

*A minha família, especialmente meus pais Paulo e Helena,
fonte de amor, carinho e incentivo.*

*A Josieli presença singela e graciosa de amor e dedicação
na minha vida.*

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de cursar o Doutorado em Zootecnia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Paulo Cezar Gomes pela orientação, dedicação, amizade e valiosos ensinamentos.

Aos professores Juarez Lopes Donzele e Sérgio Luiz de Toledo Barreto, pelo auxílio e sugestões durante a realização deste trabalho.

Aos Doutores Edwiney Sebastião Cupertino e Priscila D'Agostini de Almeida pelas contribuições a essa tese.

Aos amigos e colegas de curso Guilherme, Fernando, Heloísa, Tatiana, Cássia, Silvana, Rodrigo, Cleverson, Alan, Gabriel, Jorge e Bruno pela colaboração e amizade.

Aos funcionários do Setor de Avicultura, Adriano, Elízio, Joselino e ao responsável pela fábrica de ração Mauro, pela atenção e ajuda atribuída.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, pela ajuda na realização das análises laboratoriais.

Aos demais professores, amigos e funcionários que contribuíram de alguma forma para realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

ARELE ARLINDO CALDERANO, filho de Paulo do Carmo Calderano e Terezinha Helena Lourenço Calderano, nasceu em Viçosa – MG, em 30 de dezembro de 1981.

Em 2001 ingressou na Universidade Federal de Viçosa, no curso de Zootecnia, colando grau em 05 de maio de 2006.

Em maio de 2006 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Produção e Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 18 de fevereiro de 2008.

Em março de 2008, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Produção e Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 16 de maio de 2011.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
1. Importância da nutrição protéica e aminoacídica para as poedeiras	4
2. Metabolismo do triptofano em aves	5
3. Utilização do conceito de proteína ideal na nutrição de poedeiras	6
4. Utilização do conceito de proteína ideal e o benefício ao ambiente	10
5. Influência dos níveis de triptofano na dieta sobre o desempenho de poedeiras	11
6. Influência dos níveis de triptofano na dieta sobre a qualidade dos ovos de poedeiras	15
7. Fatores que influenciam as exigências nutricionais das poedeiras	16
8. Triptofano e sua relação com outros aminoácidos	21
BIBLIOGRAFIA	24
CAPÍTULO 1: RELAÇÃO TRIPTOFANO DIGESTÍVEL:LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 24 A 40 SEMANAS DE IDADE	
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO	53
BIBLIOGRAFIA	54
CAPÍTULO 2: RELAÇÃO TRIPTOFANO DIGESTÍVEL:LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 42 A 58 SEMANAS DE IDADE	
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
CONCLUSÃO	76

BIBLIOGRAFIA	77
APÊNDICE	79

ÍNDICE DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 – Evolução genética das poedeiras leves	12
--	----

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas	34
Tabela 2 - Temperaturas médias (máxima e mínima) registradas no interior do galpão durante o período experimental	35
Tabela 3 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o período experimental	36
Tabela 4 - Consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	38
Tabela 5 - Produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	40
Tabela 6 - Peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	42
Tabela 7 - Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	45
Tabela 8 - Eficiência de utilização de lisina para massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina para produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	47
Tabela 9 - Porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	48
Tabela 10 - Ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves	

de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	49
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas	59
Tabela 2 - Temperaturas médias (mínima e máxima) registradas no interior do galpão durante o período experimental	60
Tabela 3 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o período experimental	61
Tabela 4 - Consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	63
Tabela 5 - Produção de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	65
Tabela 6 - Peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	67
Tabela 7 - Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	69
Tabela 8 - Eficiência de utilização de lisina para massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina para produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	70
Tabela 9 - Porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	72
Tabela 10 - Ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível	73

ÍNDICE DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 – Caminhos metabólicos do triptofano	10
Figura 2 – Caminhos no metabolismo do triptofano	23

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	41
Figura 2 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre o peso médio dos ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	43
Figura 3 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	44
Figura 4 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	46
Figura 5 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a eficiência de utilização de lisina para massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	47
Figura 6 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre o ganho de peso de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade	50

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a produção de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade	65
Figura 2 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade	68
Figura 3 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade	69
Figura 4 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a eficiência de utilização de lisina para massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade	71

RESUMO

CALDERANO, Arele Arlindo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2011.

Relação triptofano:lisina em rações para poedeiras leves. Orientador: Paulo Cezar Gomes. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de determinar as relações ideais dos aminoácidos triptofano digestível:lisina digestível em rações para poedeiras leves de 24 a 40 (Experimento I) e de 42 a 58 (Experimento II) semanas de idade. Em cada experimento foram utilizadas 240 poedeiras Hy-Line W-36, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, oito repetições e seis aves por unidade experimental. Ao completarem 24 e 42 semanas de idade as aves foram submetidas aos tratamentos experimentais que consistiram de rações isonutritivas, exceto para os níveis de triptofano digestível. No experimento I os níveis de triptofano digestível nas rações foram 0,157; 0,168; 0,179; 0,190 e 0,201%, proporcionando relações triptofano digestível:lisina digestível de 21,5; 23,0; 24,5; 26,0 e 27,5 respectivamente. Foi utilizado um nível subótimo de lisina digestível nas rações de 0,730%. No experimento II os níveis de triptofano digestível nas rações foram 0,149; 0,160; 0,171; 0,182 e 0,193%, proporcionando relações triptofano digestível:lisina digestível de 21,5; 23,1; 24,6; 26,2 e 27,8 respectivamente. Foi utilizado um nível subótimo de lisina digestível nas rações de 0,694%. Em ambos os experimentos os seguintes parâmetros foram avaliados: consumo alimentar (ração, triptofano digestível e lisina digestível), porcentagem de postura, peso dos ovos, massa de ovos, conversão alimentar (dúzia e massa de ovos), eficiência de utilização de lisina digestível (massa e número de ovos), porcentagem dos componentes dos ovos, ganho de peso e balanço de nitrogênio. No experimento I houve efeito linear dos níveis de triptofano digestível sobre o consumo de ração, de triptofano digestível e de lisina digestível, a porcentagem de postura, a massa de ovos, a conversão alimentar por massa de ovos, a eficiência de utilização de lisina por massa de ovos e o ganho de peso. Também foi observado efeito quadrático sobre o peso dos ovos. Para a eficiência de utilização de lisina por massa de ovos houve melhor ajuste dos dados ao modelo LRP, sendo obtida menor soma de quadrado dos desvios. O nível de triptofano digestível na dieta a partir do qual ocorreu o platô foi de 0,184%. Esse nível correspondeu ao consumo de 142 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,2%.

No experimento II foi observado efeito linear sobre o consumo de triptofano digestível. Houve efeito quadrático sobre a porcentagem de postura, a massa de ovos, a conversão alimentar por massa de ovos e a eficiência de utilização de lisina por massa de ovos. Para a conversão alimentar por massa de ovos foi obtido 0,178% como nível ótimo, que correspondeu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,6%. Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática foi obtida a relação de 24,3%. As relações ideais triptofano digestível:lisina digestível recomendadas nas dietas para poedeiras leves de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade são de 25,2% e 24,3%, respectivamente.

ABSTRACT

CALDERANO, Arele Arlindo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2011.
Tryptophan:lysine ratio in diets for white leghorn hens. Adviser: Paulo Cezar Gomes. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Two experiments were carried to determine the ideal ratio of digestible tryptophan:digestible lysine in diets for light laying hens from 24 to 40 and 42 to 58 weeks of age. A total of 240 laying hens Hy-Line W-36 were used in each experiment. The hens were distributed in a completely randomized experimental design with 5 treatments, 8 replicates and 6 hens per experimental unit. When they completed 24 (experiment I) and 42 (experiment II) weeks of age the birds received the experimental treatments that consisted of diets isonutrient, except for levels of digestible tryptophan. In the experiment I the levels of digestible tryptophan used in diets were 0.157; 0.168; 0.179; 0.190 and 0.201%, providing ratios of digestible tryptophan:digestible lysine of 21.5; 23.0; 24.5; 26.0 and 27.5. Was used a suboptimal level of digestible lysine in the diets of 0.730%. In the experiment II the levels of digestible tryptophan used in diets were 0.149; 0.160; 0.171; 0.182 and 0.193%, providing ratios of digestible tryptophan:digestible lysine of 21.5; 23.1; 24.6; 26.2 e 27.8. Was used a suboptimal level of digestible lysine in the diets of 0.694%. In both experiments the following parameters were evaluated: food intake (feed, digestible tryptophan and digestible lysine), egg production, egg weight, egg mass, feed conversion (dozen eggs and egg mass), efficiency of digestible lysine utilization (mass and number of eggs), percentage of egg components, weight gain and nitrogen balance. In the experiment I there was a linear effect on feed intake, digestible tryptophan intake, digestible lysine intake, egg production, egg mass, feed conversion per egg mass, efficiency of lysine utilization per egg mass and weight gain. We also observed a quadratic effect on egg weight. For the efficiency of digestible lysine utilization per egg mass there was best fitted of the data to the LRP model. For the LRP model was obtained smallest sum of squared deviations. The level of digestible tryptophan in diet from which the plateau occurred was 0.184%. This level corresponded to intake of 142 mg/bird/day of digestible tryptophan and the ideal ratio of digestible tryptophan:digestible lysine of 25.2%. In the experiment II was observed linear effect on digestible tryptophan intake. There was quadratic effect on egg production, egg mass, feed conversion per egg mass and efficiency of lysine utilization per egg mass. For feed conversion per egg mass 0.178% was obtained as optimal level.

This level corresponded to intake of 158 mg/bird/day of digestible tryptophan and the ideal ratio of digestible tryptophan:digestible lysine of 25.6%. Applying the limit of 95% for the quadratic response was obtained the ratio of 24.3%. The ideal ratio of digestible tryptophan:digestible lysine recommended in diets for light laying hens from 24 to 40 and 42 to 58 week of age are 25.2% and 24,3%, respectively.

INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura de postura é uma atividade que evoluiu muito nas últimas décadas, principalmente em função do melhoramento genético das linhagens comerciais. De acordo com o guia de manejo da linhagem Hy-line W-36, atualmente, poedeiras leves podem alcançar uma produção média de 350 ovos às 80 semanas de idade, com uma conversão alimentar em massa de ovos de até 1,86. Entretanto, esse alto índice de produtividade também é, em parte, devido ao desenvolvimento de pesquisas e aos avanços tecnológicos alcançados na área da nutrição. A partir do conhecimento gerado nas pesquisas, as rações práticas são formuladas para atender, de forma mais precisa possível, às exigências nutricionais das poedeiras, possibilitando assim a exploração ótima do seu potencial genético para produção.

É importante considerar que na criação de poedeiras comerciais os gastos com alimentação das aves representam aproximadamente 70% dos custos de produção. Logo, na formulação das rações, também é importante otimizar a utilização dos alimentos pelas aves. Para isso, além das exigências nutricionais das aves, o nutricionista deve conhecer o valor nutricional dos ingredientes utilizados na formulação. Assim, podem ser formuladas dietas nutricionalmente adequadas a custos mínimos, resultando em maior eficiência produtiva.

Entre os nutrientes presentes nas rações das aves a proteína é um dos principais. A eficiência de utilização da proteína da ração depende de sua digestibilidade e do balanço de aminoácidos que a compõem. Um excesso de aminoácidos na ração gera incremento calórico, ou seja, uma maior perda de energia durante os processos de digestão, absorção e principalmente no metabolismo. Por outro lado, uma deficiência de aminoácidos pode prejudicar o desempenho das aves. Os aminoácidos exercem importantes funções como componentes das proteínas, são essenciais para manutenção e produção e apresentam papel essencial em vários processos metabólicos. Portanto, as poedeiras devem receber dietas balanceadas, principalmente em relação aos níveis de aminoácidos. Para isso, as recomendações nutricionais devem estar bem estabelecidas.

Um importante marco na nutrição de monogástricos foi a produção de aminoácidos sintéticos em escala comercial a preços compatíveis. Esse fator, aliado aos avanços no conhecimento do metabolismo protéico das aves, permitiu a utilização do conceito de proteína ideal na formulação das rações para poedeiras. Pode-se definir

proteína ideal, teoricamente, como o balanço exato dos aminoácidos na ração capaz de prover sem excesso ou deficiência as necessidades de todos os aminoácidos essenciais para a produção e manutenção das aves, expressando-os como porcentagem em relação a lisina. A formulação de rações adotando esse conceito é considerada um dos avanços mais importantes na nutrição animal nos últimos anos. Assim, as pesquisas devem ser voltadas não só para a determinação das exigências das aves por aminoácidos, mas também para o estabelecimento das relações ideais entre os aminoácidos essenciais e a lisina. Além disso, é importante avaliar quais e até que ponto os aminoácidos industriais podem ser adicionados às rações, levando em consideração aspectos produtivos, ambientais e econômicos.

Um dos pontos críticos na produção avícola comercial é a geração de grandes volumes de resíduos, principalmente nas áreas geográficas de maior concentração animal. Como agravante, o uso de rações desbalanceadas afeta o meio ambiente devido à excreção pelas aves dos nutrientes presentes em excesso. Atualmente, esse também é um fator a ser considerado na realização de pesquisas para estimar as exigências nutricionais das aves. A formulação das rações a partir do conceito de proteína ideal e com a suplementação de aminoácidos sintéticos torna possível a redução do excesso de proteína bruta nas rações e a redução da excreção de nitrogênio para o ambiente. Normalmente, o excesso de aminoácidos absorvido pelas aves é deaminado e excretado principalmente como ácido úrico. Além do aumento na quantidade de nitrogênio nos resíduos, deve-se considerar que os microorganismos presentes no esterco convertem o ácido úrico em amônia, que é volatilizada. Dependendo da quantidade de amônia presente no ar, a saúde e produção das poedeiras podem ser prejudicadas. Além disso, ao se reduzir a proteína bruta e aproximar o conteúdo de aminoácidos da ração à real necessidade das aves, pode-se alcançar uma redução do custo de produção. Essa redução depende do custo do farelo de soja, do milho e dos aminoácidos sintéticos utilizados. Há anos os nutricionistas utilizam a metionina sintética, seguida pela lisina e mais recentemente pelo triptofano e treonina nas rações das aves, considerando para isso o custo.

Um ponto importante a ser considerado na realização de pesquisas com aminoácidos para poedeiras é que as exigências absolutas de aminoácidos são amplamente influenciadas por fatores genéticos, pela taxa de produção e por fatores ambientais, porém, as relações entre eles são bem menos influenciadas (Bregendahl et al., 2008). Assim, é mais importante determinar as relações ideais entre os aminoácidos

ao invés da exigência absoluta das aves por cada aminoácido. Uma vez estabelecido o perfil ideal de aminoácidos, a exigência das aves pelo aminoácido referência pode ser determinada experimentalmente e as exigências dos outros aminoácidos calculadas com base nas relações pré-determinadas. Porém, o perfil ideal de aminoácidos para poedeiras ainda não está bem estabelecido na literatura.

Especificamente em relação ao triptofano, este é considerado o terceiro aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja para poedeiras comerciais (Russell & Harms, 1999; Harms & Russell, 2000; Peganova et al., 2003; Deponti et al., 2007). Contudo, poucas pesquisas foram realizadas para determinar a exigência de triptofano digestível e principalmente sua relação ideal com a lisina digestível para poedeiras. Além disso, os dados disponíveis na literatura são inconsistentes. Também, deve-se considerar que as exigências nutricionais das poedeiras tendem a se modificar ao longo dos anos, em decorrência da evolução genética das linhagens. Assim, para que o potencial produtivo das aves seja bem explorado, estudos a respeito de suas exigências nutricionais, principalmente em relação ao triptofano digestível, devem ser realizados.

O estudo dos níveis de triptofano na dieta e a determinação precisa da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível para as poedeiras podem contribuir para o melhor desempenho produtivo e para a redução dos custos de produção e da excreção de nitrogênio para o ambiente, sendo importante a realização de mais pesquisas na área.

Assim, o objetivo com este trabalho foi determinar as relações ideais triptofano digestível:lisina digestível em rações para poedeiras leves de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Importância da nutrição protéica e aminoacídica para as poedeiras

Os aminoácidos obtidos da ração são utilizados pelas aves em diversas funções. Os aminoácidos, como proteínas, são constituintes primários de tecidos estruturais e de proteção, como pele, penas, matriz óssea, ligamentos e, bem como de tecidos moles, incluindo órgãos e músculos. Além disso, aminoácidos e pequenos peptídeos, resultantes dos processos de digestão e absorção, podem servir para várias funções metabólicas e como precursores de importantes componentes não protéicos do corpo (NRC, 1994). Entre todos os compostos biológicos, as proteínas são as que apresentam a maior diversidade de funcionalidade: enzimático (catálise de reações); transportador de substâncias específicas e de moléculas para dentro da célula; receptores na membrana; função hormonal; sistema imunológico; coagulação sanguínea; função estrutural, entre outras (Murray et al., 1988).

Além de serem importantes para o desenvolvimento e manutenção corporal das aves, os aminoácidos são componentes essenciais dos ovos, constituindo as moléculas protéicas presentes no albúmen e gema (Leeson e Summers, 2001). As aves necessitam ingerir, digerir, absorver, transportar e metabolizar os aminoácidos contidos na ração, para então, sintetizar as proteínas da carne e dos ovos. Esse processo é complexo, e é regulado por um sistema hormonal organizado e um sistema enzimático específico (Moreira et al., 2004). Segundo Moreira e Scapinello (2004), o atendimento das necessidades das aves por aminoácidos é importante para os processos produtivos, pois, diferentemente dos carboidratos e dos lipídeos, os aminoácidos quando fornecidos em excesso não podem ser armazenados.

Como as proteínas corporais estão em estado dinâmico, com a síntese e degradação ocorrendo de forma contínua, uma ingestão adequada de aminoácidos é necessária (NRC, 1994). No animal adulto saudável, cerca de 1 a 2% da proteína corporal é renovada ("turnover") diariamente. Isso resulta predominantemente da degradação da proteína muscular em aminoácidos. Entretanto, aproximadamente 75 a 80% dos aminoácidos liberados são reutilizados na síntese de novas proteínas. O restante é metabolizado para resíduos de nitrogênio e glicose, cetonas, e/ou dióxido de carbono (Moreira e Scapinello, 2004).

A importância da proteína da ração na produção de ovos pode ser constatada por estudos que mostram que cerca de 80% da proteína absorvida pela poedeira é destinada à produção de ovos, quando há uma estimativa precisa dos aminoácidos essenciais necessários. Uma deficiência de aminoácidos nas rações de poedeiras pode afetar significativamente a produção de ovos (Ceccantini e Yuri, 2008).

De acordo com o NRC (1994), as aves não exigem um nível específico de proteína bruta, mas sim, exigência de aminoácidos específicos e de proteína suficiente para suprir aminoácidos não essenciais ou nitrogênio para a sua síntese. Dessa forma, segundo Oliveira Neto e Oliveira (2009), embora a proteína bruta e os aminoácidos totais tenham sido utilizados no passado para formular rações para aves, atualmente se emprega uma metodologia de formulação mais adequada, com aminoácidos digestíveis e relações ideais entre a lisina e os demais aminoácidos.

2. Metabolismo do triptofano em aves

O triptofano é considerado um aminoácido essencial. Além de seu papel na formação de proteína, o triptofano está envolvido na produção de serotonina (5-hidroxitriptamina), um neurotransmissor produzido principalmente no intestino e também em plaquetas e no cérebro (Le Floc'h e Seve, 2007). O triptofano também tem importantes funções no metabolismo das aves, como a conversão a niacina (vitamina B₃). Esta é biologicamente precursora de duas coenzimas que intervêm em quase todas as reações de óxido-redução no organismo, a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺) e a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP⁺).

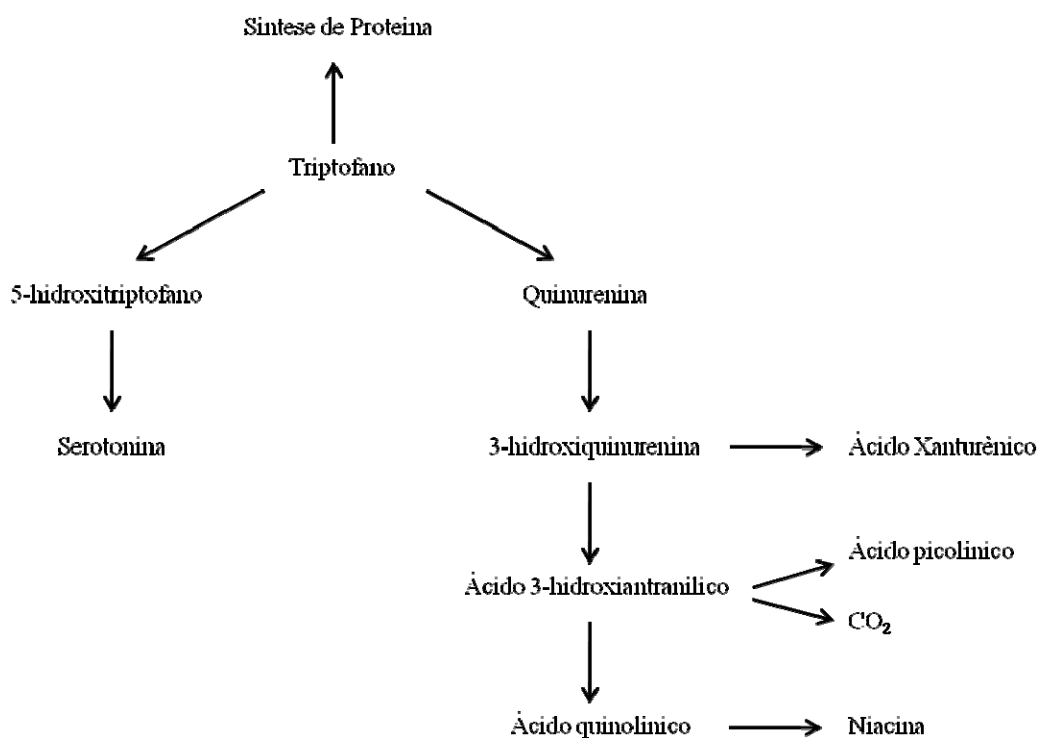
O triptofano da dieta pode estar relacionado a funções metabólicas específicas ou estruturais de alguns órgãos das aves. Silva et al. (2010) estudaram diferentes relações triptofano digestível:lisina digestível (19, 21, 23, 25 e 27%) nas rações de poedeiras Dekalb White. Foi observado que o peso do intestino das aves respondeu de forma quadrática às relações de triptofano da dieta. Segundo os autores, o triptofano apresenta relação com as perdas endógenas e a renovação celular da mucosa intestinal, o que provavelmente pode justificar os resultados encontrados. Também foi observado que o peso do pulmão, do pâncreas e coração aumentou de forma linear a medida que a relação triptofano digestível:lisina digestível na ração aumentou. De acordo com os autores, órgãos como o coração e pulmão podem ser influenciados pelos níveis de triptofano da dieta devido esse aminoácido ser o precursor da serotonina, hormônio que apresenta associações com mecanismos de vasoconstrição e consequentemente com a

pressão sanguínea. O aumento do peso do pâncreas foi associado a influência positiva da serotonina sobre a ingestão de alimento, o que pode levar a maior demanda de secreções digestoras influenciando, assim, órgãos diretamente envolvidos com os processos digestivos.

Pesquisas também mostraram que o triptofano pode influenciar os níveis de lipídeos no organismo das aves. Rogers e Pesti (1990) constataram que a suplementação de triptofano nas dietas aumentou significativamente a concentração de ácido linoléico e triptofano livre no plasma de frangos de corte.

Segundo Le Floch e Seve (2007), além da via de produção da serotonina, o triptofano também é metabolizado pela rota da quinurenina, o qual está associado a defesa corporal e regulação da resposta imune (Figura 1).

Figura 1 – Caminhos metabólicos do triptofano



Adaptado de Le Floch e Seve (2007)

3. Utilização do conceito de proteína ideal na nutrição de poedeiras

Durante longo período as formulações de rações para aves foram baseadas no conceito de proteína bruta. Entretanto, a formulação de dietas com base no conceito de proteína bruta é uma prática inadequada, pois, a composição e a digestibilidade dos aminoácidos das diferentes fontes protéicas utilizadas na alimentação de aves são

variáveis. Também devido à complexidade das proteínas e dos outros componentes dos ingredientes (como fatores anti-nutricionais e polissacarídeos não amiláceos), a quebra das proteínas liberando os aminoácidos para serem absorvidos variam enormemente. Então, deve-se considerar não apenas o conteúdo total de aminoácidos de cada ingrediente, mas também a sua disponibilidade, ao que chamamos de aminoácido digestível (Ceccantini e Yuri, 2008). Além disso, as dietas ajustadas para o máximo desempenho com base na proteína bruta acabam contendo excesso de aminoácidos que poderiam estar prejudicando o desempenho das aves devido ao desequilíbrio (Schutte, 1999). Os aminoácidos absorvidos no intestino para a corrente sanguínea que não são imediatamente incorporados na nova proteína são rapidamente catabolizados no fígado. Ou seja, os aminoácidos em excesso não são armazenados, nem excretados como aminoácidos. Desta forma, o consumo de aminoácido em excesso é dispendioso, já que o excesso é catabolizado para formar energia, função que os carboidratos e os lipídeos podem suprir a um custo mais baixo (Moreira e Scapinello, 2004).

Os avanços da nutrição animal têm possibilitado aperfeiçoar as dietas, visando atender as exigências nutricionais das aves em proteína e aminoácidos. A partir da redução dos níveis protéicos e suplementação com aminoácidos sintéticos, a formulação de dietas para aves tem evoluído no sentido do conceito de proteína ideal. A proteína ideal foi primeiramente definida por Mitchell (1964) como sendo uma mistura de aminoácidos ou proteína, cuja composição atende às exigências dos animais para os processos de manutenção e crescimento. De acordo com Leclercq (1998), proteína ideal é uma mescla de proteínas alimentares onde todos os aminoácidos digestíveis, principalmente os essenciais, são limitantes na mesma proporção o que significa que nenhum é ministrado em excesso em comparação com os outros. Como consequência, a retenção de proteína pelas aves seria máxima e a excreção de nitrogênio mínima, sendo isso possível por meio de uma adequada combinação de concentrados protéicos e aminoácidos sintéticos suplementares. Emmert e Baker (1997) definem de forma mais clara a proteína ideal como o balanceamento exato dos aminoácidos na dieta, sem deficiências ou sobras, com o objetivo de satisfazer os requisitos absolutos de todos os aminoácidos para manutenção e para ganho máximo de proteína corporal, reduzindo o uso de aminoácidos como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio.

O conceito de proteína ideal, proposto para o uso na nutrição animal, estabelece que todos os aminoácidos essenciais, ou seja, aqueles os quais as aves não são capazes de sintetizá-los na quantidade e/ou em velocidade suficientes para propiciarem o

completo desenvolvimento da função fisiológica (crescimento, postura, reprodução, etc.), sejam expressos como proporções ideais ou percentagens de um aminoácido-referência. Isto significa que as exigências de todos os aminoácidos essenciais podem ser prontamente estimadas a partir da determinação da exigência do aminoácido-referência. Atualmente, o aminoácido utilizado como referência é a lisina (Parsons e Baker, 1994). A lisina foi eleita pelos pesquisadores como referência pelas seguintes razões: é o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas para suínos e o segundo, depois dos aminoácidos sulfurosos, na maioria das dietas para aves. Este aminoácido encontra-se economicamente disponível na forma cristalina para ser utilizado nas rações práticas dos animais. Diferentemente dos aminoácidos sulfurosos, sua análise laboratorial é simples e direta e também possui metabolismo orientado principalmente para a deposição de proteína. E por fim, existe grande quantidade de publicações referentes aos requerimentos de lisina para aves e suínos sob diferentes condições nutricionais, ambientais e de composição corporal (Sakomura e Rostagno, 2007).

O perfil ideal de aminoácidos emprega o conceito de que enquanto as exigências absolutas de aminoácidos mudam devido a fatores genéticos ou ambientais, as relações entre eles são minimamente afetadas. Assim, uma vez que o perfil ideal de aminoácidos foi determinado, a exigência para um único aminoácido (a lisina) pode ser determinada experimentalmente para uma situação específica, sendo as exigências de todos os outros aminoácidos calculadas a partir das relações ideais (Bregendahl et al., 2008).

Segundo Plavinik (2003), o fornecimento de uma ração com baixa proteína bruta e com aminoácidos críticos balanceados é melhor que de uma ração com alta proteína bruta, principalmente durante períodos quentes. De acordo com Garcia (2004), em condições ambientais brasileiras de temperaturas elevadas deve-se sempre elevar a quantidade de aminoácidos sintéticos com o mínimo incremento de proteína, reduzindo assim a produção de calor endógeno. O catabolismo do excesso de aminoácidos circulantes leva a um gasto de energia para a sua excreção, além de promover incremento calórico desnecessário, podendo comprometer o desempenho das aves. Além disso, os níveis plasmáticos de corticosterona podem estar aumentados quando as aves são mantidas em ambiente com alta temperatura, acelerando a degradação de proteína corporal. Yunianto et al. (1997) avaliaram o efeito do estresse por calor sobre o desempenho de frangos e observaram que no intervalo de 28 a 34° C houve aumento na concentração plasmática de corticosterona e aumento na taxa de quebra de proteína muscular com consequente aumento na produção de calor e piora do desempenho.

Andrade et al. (2003) avaliaram o desempenho de poedeiras mantidas em clima quente e submetidas a rações com diferentes níveis de proteína bruta (14, 15 e 16%) suplementadas com diferentes combinações dos aminoácidos lisina, metionina, triptofano e treonina. Os autores concluíram que a redução da proteína bruta para 15% resultou em melhora do desempenho das aves.

Na formulação de rações para poedeiras o déficit dos primeiros aminoácidos limitantes pode ser evitado pela suplementação na sua forma livre. Isso se aplica particularmente para os aminoácidos metionina, lisina e triptofano. A redução progressiva do teor de proteína na dieta pode, no entanto, conduzir a uma situação em que outros aminoácidos, que normalmente não são limitantes em dietas com níveis protéicos normalmente utilizados, tornem-se limitantes ao desempenho das aves. Estes incluem treonina e particularmente os aminoácidos de cadeia ramificada valina e isoleucina (Peganova e Eder, 2002). De acordo com Deponti et al. (2007), em virtude da disponibilidade do triptofano sintético (L-Trp) no mercado, já é possível fazer a suplementação deste aminoácido nas rações para aves a preços compatíveis. No entanto, os autores ressaltam que a determinação da viabilidade econômica da suplementação de triptofano sintético para poedeiras comerciais depende da geração de dados consistentes quanto à exigência desse aminoácido.

Segundo Peganova et al. (2003), por ser o terceiro aminoácido limitante em rações a base milho e farelo de soja para poedeiras, o triptofano tem papel importante na utilização de rações com redução do teor de proteína bruta. Leeson e Caston (1996) atribuíram à deficiência de triptofano e treonina a redução observada na massa de ovos de poedeiras alimentadas com dietas com baixa proteína suplementadas apenas com lisina e metionina. Outras pesquisas mostraram a influência do nível protéico e de aminoácidos sobre o desempenho de poedeiras comerciais. Harms e Hussel (1993) comparam o desempenho de poedeiras leves Hy-line W-36 submetidas a dietas com 17,6% e 14,8% de proteína bruta com e sem a suplementação de aminoácidos. Foi observada queda na produção de ovos, peso de ovos e massa de ovos, além de redução no peso corporal das aves submetidas às dietas com menor nível protéico e sem suplementação de aminoácidos. No entanto, quando a dieta com 14,8% de proteína foi suplementada com lisina, metionina, treonina, triptofano, arginina e valina, não ocorreram diferenças significativas no desempenho das aves, quando comparado ao daquelas que receberam a dieta com 17,6% de proteína. Keshavarz e Austic (2004) observaram que poedeiras alimentadas com uma dieta com 13% de proteína

suplementada com metionina, lisina e triptofano tiveram o desempenho produtivo semelhante ao das aves que receberam uma dieta com 16% de proteína suplementada apenas com metionina. Novak et al. (2006) verificaram que, com a redução da proteína bruta da dieta e suplementação dos aminoácidos lisina, metionina, triptofano e treonina, poedeiras leves consumindo 16,3 ou 14,6 g de proteína/ave/dia tiveram desempenho similar ao das aves consumindo 18,9 e 17,0 g de proteína por ave/dia durante os períodos de 20 a 43 semanas e 44 a 63 semanas de idade, respectivamente. Silva et al. (2010) estudaram o desempenho de poedeiras Hisex White de 48 a 56 semanas de idade submetidas a dietas variando no nível de proteína bruta (12, 14, 16 e 18%) e lisina (0,85 e 1,00%). Os níveis de metionina, triptofano e valina guardaram uma correspondência de no mínimo 47, 18 e 81%, respectivamente, em relação aos valores de lisina. Foi observado que a utilização de rações com 12% de proteína bruta suplementadas com aminoácidos sintéticos não comprometeu a produção de ovos, porém o peso dos ovos, a massa de ovos e a porcentagem de albúmen responderam positiva e linearmente ao aumento dos níveis de proteína bruta na dieta.

4. Utilização do conceito de proteína ideal e o benefício ao ambiente

Segundo Peganova e Eder (2002), considerações ecológicas levaram a uma intensificação dos esforços na nutrição das poedeiras para reduzir o conteúdo de proteína das dietas e, assim, minimizar as emissões de nitrogênio nas excretas. A formulação de dietas com base no conceito de proteína ideal consiste numa ferramenta importante para o nutricionista, que objetiva máxima eficiência de utilização protéica, com menor excreção de nitrogênio e redução da poluição ambiental.

A amônia e os nitratos são as duas formas químicas de nitrogênio mais comuns nos resíduos avícolas. O íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio no esterco de aves, o qual é convertido em amônia (NH_3^+) com a elevação do pH e sob condições de umidade. A amônia, um gás tóxico que afeta a saúde humana e animal (Donham et al., 2002; Homidan et al., 2003), é volatilizada rapidamente afetando a qualidade do ar dentro do aviário e aumentando a formação de micropartículas (2,5 e 5 μm) (Patterson & Adrizal, 2005). Os solos, por vezes, são utilizados como receptores dos resíduos avícolas. A forma disponível para as plantas também é a forma de maior mobilidade no solo, o nitrato. Os nitratos podem ser a maior forma contaminante do lençol freático quando níveis excessivos de resíduos avícolas são utilizados como adubo. Estes nitratos são solúveis em água e são transportados pela solução do solo às

raízes das plantas, mas também ao lençol freático. Assim, podem contaminar suprimentos de água potável subterrânea (Oviedo-Rondón, 2008).

De acordo com Patterson e Lorenz (1996), em poedeiras, do total de nitrogênio ingerido apenas 34,07% é depositado nos ovos e 0,84% retido no corpo, enquanto 25,01% fica presente nas excretas e 40,01% é volatizado. Pavan et al. (2005) avaliaram a influência de diferentes níveis de proteína (14, 15,5 e 17%) e de aminoácidos sulfurados nas dietas sobre a produção, qualidade dos ovos e eliminação de nitrogênio nas excretas de poedeiras Isa Brown no final do primeiro ciclo de produção. Os autores concluíram que a utilização da dieta contendo 14% de proteína bruta e 0,71% de aminoácidos sulfurados totais possibilitou otimizar a produção e o peso dos ovos. Além disso, houve redução da excreção de nitrogênio de 27% quando se comparou a influência das dietas de 14 e 17% de proteína bruta. Keshavarz e Austic (2004) observaram que com uma dieta com 13% de proteína suplementada com aminoácidos essenciais (metionina, lisina, triptofano, isoleucina e valina) e com fitase as poedeiras tiveram 45% de redução na excreção de nitrogênio sem comprometer o desempenho, quando comparado às aves alimentadas com uma dieta com 16,5% de proteína suplementada apenas com metionina.

5. Influência dos níveis de triptofano na dieta sobre o desempenho de poedeiras

As investigações a respeito das exigências de aminoácidos para poedeiras ainda são limitadas e as informações na literatura revelam grandes diferenças, sobretudo em relação aos aminoácidos treonina e triptofano. Além disso, com os programas de melhoramento genético, as poedeiras tendem a se tornar mais precoces e mais produtivas (Tabela 1). Esse ganho genético pode levar a uma variação das exigências nutricionais ou das relações ideais entre os aminoácidos, justificando a realização de pesquisas na área (Camps, 2001). Entretanto, de acordo com Rostagno et al. (1996), o custo elevado e o tempo despendido para a realização de experimentos e obtenção de dados é um dos pontos que prejudicam o desenvolvimento de novas pesquisas em relação as exigências de aminoácidos para poedeiras.

Tabela 1 – Evolução genética das poedeiras leves

	Período de postura (até 80semanas)		
	1980 ¹	2003 ²	2009 ³
Viabilidade (%)	90-94	96	94
Mortalidade (%)	6-10	4	6
Dias a 50% de Produção	171	153	146
Peso corporal 32 sem (kg)	1,600	1,520	1,520
Peso corporal 70 sem (kg)	1,700	1,580	1,540
Ovo/ave/dia 80 sem	275-305	339-347	345-361
Ovo/ave/alojada 80 sem	262-293	333-341	336-352
Peso médio do ovo 32 sem (g)	56,7	58,4	58,2
Peso médio do ovo 70 sem (g)	64,8	63,4	62,9
Kg de ração/kg de ovo	2,3-2,5	1,91	1,86

¹Manual de Manejo Hy-line Ito 1980

²Guia de Manejo da Hy-line W36 2003-2005

³Guia de Manejo da Hy-line W36 2009-2011

Bray (1969) encontrou exigência de triptofano para poedeiras de 0,117% da ração ou um consumo de 117 mg/ave/dia. Morris e Wethli (1978) estimaram a exigência de triptofano em 0,170% na ração ou um consumo de 187 mg/ave/dia para poedeiras de 32 a 47 semanas de idade. Ishibashi (1985) testou níveis de triptofano nas dietas das poedeiras variando de 0,082 a 0,320% e encontrou exigência de 0,189% ou um consumo de 212 mg/ave/dia para a máxima produção de ovos.

Ohtani et al. (1989) observaram aumento na produção de ovos de poedeiras de 53 a 83 semanas de idade quando o consumo de triptofano foi de 173 para 239 mg/ave/dia. Porém, atribuíram esse efeito a outros fatores como a biodisponibilidade dos ingredientes utilizados, pois, segundo os autores, esse consumo de triptofano foi muito maior que as recomendações de outros autores.

Narváez et al. (1997) avaliaram a exigência de triptofano para poedeiras com 46 a 62 semanas de idade e concluíram que para obtenção de melhor desempenho e qualidade de ovos são necessários 195 mg/ave/dia de triptofano para as linhagens leves e 186 mg/ave/dia para as semipesadas.

Russell e Harms (1999) estudaram níveis de triptofano variado de 0,11 a 0,23% em rações a base de milho e farelo de soja para poedeiras Hy-line W-36 de 55 a 59 semanas de idade e observaram aumento na produção de ovos, massa de ovos e no

conteúdo dos ovos com o aumento dos níveis de triptofano. Um consumo de 157 mg/ave/dia de triptofano foi estimado como exigência. Dando continuidade aos estudos, Harms e Russell (2000), obtiveram resultados semelhantes ao avaliarem oito níveis de triptofano variando de 0,12 a 0,18% nas dietas e uma dieta controle com 0,20% de triptofano. Foi constatado que a produção de ovos passou de 66,2 para 92,7% quando o nível de triptofano na dieta aumentou de 0,12 para 0,17%, porém não houve diferença entre o nível de 0,17% e a dieta controle. O aumento do nível de triptofano nas dietas também resultou em aumento no peso e conteúdo de ovos. Os autores concluíram que a exigência de triptofano recomendada para poedeiras leves Hy-line W-36 de 30 a 36 semanas de idade foi de 139,8 mg/ave/dia para obtenção de melhor produção de ovos e de 149,9 mg/ave/dia para conteúdo de ovos.

Antar et al. (2004) estudaram a influência de três níveis de triptofano (0,166; 0,176 e 0,193%), combinados com dois níveis de óleo de milho (0 e 6%), na dieta de poedeiras Hy-line W-36 de 32 a 40 semanas de idade. Foi verificado que aves ingerindo triptofano nas quantidades de 147, 160 e 170 mg/ave/dia, independente do nível de óleo da dieta, apresentaram valores semelhantes de produção de ovos. No entanto, o peso dos ovos foi significativamente menor para as aves que ingeriram triptofano na quantidade de 147 mg/ave/dia em comparação àquelas que ingeriram 160 mg/ave/dia.

Segundo Rostagno et al. (2011), poedeiras leves pesando 1.500 g necessitam de 185 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível na dieta deve ser de 23%. Essa recomendação é semelhante a do NRC (1994) que preconiza um consumo de 160 mg/ave/dia de triptofano e uma relação ideal triptofano digestível:lisina digestível na dieta de 23%.

O manual de criação da Hy-line W36 recomenda um consumo de triptofano digestível de 169 mg/ave/dia do início da postura até 32 semanas, 158 mg/ave/dia de 33 a 44 semanas e 149 mg/ave/dia de 45 a 58 semanas de idade. A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível recomendada para todo período de produção é de 21%.

Carvalho (2005) observou que os níveis de triptofano digestível na dieta (0,116; 0,136; 0,156; 0,176 e 0,196) influenciaram a produção de ovos, massa de ovos, conversão alimentar e o ganho de peso de poedeiras Hy-line W-36 no período de 44 a 55 semanas de idade. A exigência estimada de triptofano digestível foi de 0,180%, que correspondeu a um consumo diário de 159 mg de triptofano digestível/ave ou de 3,5 mg de triptofano digestível/g de ovo. Nesse estudo, considerando o nível de lisina digestível utilizado nas dietas, a relação ideal triptofano:lisina digestível estimada foi de 23%.

Deponti et al. (2007) estudaram cinco níveis de triptofano (0,13; 0,15; 0,17; 0,19 e 0,21%) na dieta de poedeiras Hisex White de 53 a 58 semanas de idade. Foi observado que a produção de ovos e a massa de ovos foram prejudicadas quando a dieta continha 0,13% de triptofano, porém não foi observado efeito sobre o peso dos ovos e conversão alimentar. Dependendo da característica avaliada (produção ou massa de ovos) e do modelo de regressão aplicado na análise dos dados (quadrático, exponencial ou segmentada), foi estabelecido que as exigências de triptofano para poedeiras leves se encontram na faixa de 161 a 188 mg/ave/dia. Considerando o consumo médio de ração obtido de 110,4 g/ave/dia e o nível de lisina adotado nas dietas de 0,840%, os valores acima corresponderam a relações ideais triptofano/lisina na faixa de 17,4 a 20,3%. Esses autores também avaliaram o padrão de recuperação do desempenho das poedeiras alimentadas com 0,13% de triptofano na dieta no período de 53 a 58 semanas de idade. Eles constataram que uma semana de alimentação com ração contendo 0,21% de triptofano foi suficiente para a recuperação da produção e da massa dos ovos.

Bregendahl et al. (2008) avaliaram as respostas no desempenho de poedeiras Hy-line W-36 de 28 a 34 semanas de idade aos níveis de inclusão de aminoácidos essenciais nas dietas, de forma a determinar a relação ideal entre estes e a lisina. A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível estimada foi de 22,3% para uma ótima produção de massa de ovos.

Lima et al (2011), avaliando a melhor relação triptofano digestível:lisina digestível na dieta de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade, obtiveram relações de 23,98% para produção de ovos, 24,07% para peso de ovo, 24,11% para massa de ovos, 24,58% para conversão alimentar em massa de ovos e 25,25% para conversão alimentar em dúzia de ovos. Assim, os autores concluíram que a relação triptofano digestível:lisina digestível de 24,4%, valor médio das estimativas obtidas, promove um desempenho zootécnico mais eficiente de poedeiras leves em pico de postura.

Em relação ao consumo de ração, de modo geral, os resultados na literatura indicam diminuição quando administrados menores níveis de triptofano (Jensen et al., 1990; Russell & Harms, 1999; Harms & Russell, 2000; Peganova et al., 2003; Peganova e Eder, 2003). O menor consumo de ração pelas poedeiras submetidas a menores níveis de triptofano na dieta tem sido atribuído a menor produção de serotonina, que é um regulador do apetite em aves (Peganova e Eder, 2003; Carvalho, 2005). Contudo, Ohtani et al. (1989) não observaram diferença no consumo de ração de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de triptofano. Deponti et al. (2007)

também não observaram redução no consumo de ração e inferiram que a ingestão de 137 mg/ave/dia de triptofano não foi baixa o suficiente para suprimir o consumo de ração das poedeiras.

6. Influência dos níveis de triptofano na dieta sobre a qualidade dos ovos de poedeiras

A indústria de processamento de ovos foi inicialmente gerada para o aproveitamento de ovos muito pequenos ou desclassificados para o comércio. No entanto, com o passar dos anos a indústria estabeleceu critérios específicos para o processamento dos ovos, visando maior produtividade na confecção de produtos que atendam diversas expectativas do mercado. Portanto, tornou-se imprescindível que os ovos destinados ao processamento apresentem características normais de qualidade interna e externa. Determinadas empresas priorizam ovos com peso de no mínimo 60 gramas, além de considerar a relação gema:albúmen e a percentagem de sólidos totais, tanto do ovo como de seus principais componentes (gema e albúmen) (Faria et al. 2002). Segundo Deponti et al. (2007), a determinação da qualidade interna dos ovos é importante para indústria de processamento de ovos, pois podem ocorrer alterações decorrentes dos níveis nutricionais utilizados na dieta das aves. Além disso, segundo Brumano (2009), para os consumidores, a qualidade dos ovos está relacionada não somente a resistência da casca, mas também com as características sensoriais e com a composição nutricional. Assim, a inclusão de variáveis de qualidade de ovos também é importante quando se trabalha com exigências nutricionais para poedeiras. De acordo com Colnago (1996), com o aumento da demanda de ovos para a industrialização (ovos líquidos, desidratados, clara, gema, etc), tem-se observado aumento nos estudos de exigências nutricionais de poedeiras, onde a composição do ovo é objeto de estudos e não mais só a produção e o tamanho do ovo.

Harms e Russell (2000) observaram aumento no peso dos ovos e no conteúdo dos ovos quando houve aumento no nível de triptofano nas dietas das poedeiras. Hussein e Harms (1994) observaram que a redução do nível de triptofano da dieta de 0,180% para 0,127% promoveu redução no peso dos ovos, do albúmen e da casca e levou a aumento na relação gema:albúmen dos ovos de poedeiras leves Hy-line W-36. Deponti et al. (2007) concluíram que a unidade Haugh, as porcentagens de gema e de albúmen e o teor de sólidos totais da gema e do albúmen dos ovos de poedeiras leves não foram influenciados pela ingestão de triptofano em níveis de 137,1 a 228,0

mg/ave/dia. Lima et al. (2010) avaliaram relações ideais triptofano digestível:lisina digestível na dieta de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade sobre a qualidade dos ovos. Foi observado efeito quadrático sobre o peso do albúmen, casca, gema e as porcentagens de casca e gema dos ovos, porém a gravidade específica e a porcentagem de albúmen não foram influenciadas. Segundo os autores, para melhor qualidade de ovos de poedeiras leves, recomenda-se uma relação triptofano digestível:lisina digestível na dieta de 24,2%.

7. Fatores que influenciam as exigências nutricionais das poedeiras

Segundo Rostagno et al. (2011), diversos fatores podem alterar as exigências nutricionais das aves, como raça, linhagem, sexo, consumo de ração, nível energético da dieta, disponibilidade de nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar, estado sanitário, além de outros. Como vários fatores podem influenciar as exigências por aminoácidos, as estimativas em condições experimentais podem não ser perfeitamente aplicáveis em condições de campo. Assim, as exigências de aminoácidos devem ser baseadas no perfil ideal de aminoácidos (Baker et al., 2002).

Scott e Silversides (2000) compararam ovos de duas linhagens com mesma idade e observaram que ovos de poedeiras ISA-Brown são mais pesados que os de ISA-White, têm mais casca e albúmen e menos gema. Segundo os autores, essa diferença ocorre provavelmente pela diferença no peso das aves e devido a diferenças no histórico de seleção. Wu et al. (2005) avaliaram o desempenho de poedeiras leves de 21 a 36 semanas de idade e observaram que poedeiras Bovans White tiveram maior consumo de alimento, produção de ovos, massa de ovos, peso corporal, porcentagem de gema e relação gema:albúmen no ovos que poedeiras Dekalb White, entretanto obtiveram menor peso de ovo, porcentagem de albúmen e porcentagem e peso de casca. Bonekamp et al. (2010) estudaram a influência de dietas para poedeiras balanceadas para diferentes níveis de consumo de lisina digestível (550, 600, 650, 700, 750 e 800 mg/ave/dia), fixando as relações com outros aminoácidos essenciais (Lys (100), Met (50), Met + Cys (93), Thr (66), Trp (19), Ile (79), Val (86)). Os resultados mostraram diferenças nas exigências entre poedeiras Lohmann Brown e Lohmann LSL. Enquanto para poedeiras leves o consumo de 600 mg de lisina digestível foi suficiente para maximizar a produção de ovos, para poedeiras semipesadas houve efeito linear dos níveis de lisina digestível sobre a produção de ovos.

Segundo Sakomura e Rostagno (2007), os aminoácidos absorvidos pelas aves podem ser utilizados para a manutenção (turnover de proteína corporal, perdas endógenas do trato gastrintestinal, etc) e para o acréscimo de proteína corporal e produção de ovos. Assim, a idade das aves e sua necessidade para cada um desses processos podem influenciar sua exigência por aminoácidos. Jensen et al. (1990) conduziram alguns experimentos usando aves com diferentes idades e taxas variáveis de produção de ovos. Os resultados indicaram uma exigência de triptofano de 168 mg/ave/dia para aves em pico de postura e de 124 mg/ave/dia para aves após as 50 semanas de idade. Ahn et al. (1997), testaram o efeito da linhagem e idade de poedeiras leves (Delta, H&N, Hy-Line W-36 e Hy-Line W-77) sobre a relação gema:clara e os sólidos contidos no ovo. Aves mais jovens (28 semanas) produziram ovos com maior concentração de sólidos na clara e menor concentração de sólidos na gema quando comparados a ovos de galinhas mais velhas (78 e 97 semanas de idade), no entanto, o conteúdo total de sólidos dos ovos aumentou com a idade das aves. Os autores também perceberam diferenças nos sólidos dos ovos e na relação gema:clara em função da linhagem. As linhagens H&N, Delta, W-36 e W-77, apresentaram, nesta ordem, aumento nos sólidos da clara, da gema e do ovo. A menor relação gema:clara foi obtida nos ovos da linhagem W-77. Silversides e Scott (2001) avaliaram o efeito da idade (28 a 58 semanas de idade) e da linhagem (ISA-White e ISA-Brown) das poedeiras sobre a qualidade dos ovos. Foi observado que os ovos de poedeiras ISA-Brown são maiores, com menos gema, mais albúmen e maior porcentagem de casca que os ovos de poedeiras ISA-White. Também perceberam aumento no tamanho dos ovos com o aumento da idade das aves, embora mais acentuado para poedeiras ISA-White que ISA-Brown. De acordo com o manual da Hy-line W-36 (2009), a exigência de triptofano digestível para poedeiras leves varia de 169 mg/ave/dia no início da fase produtiva a 32 semanas de idade até 146 mg/ave/dia quando as aves se aproximam do final do ciclo produtivo.

A temperatura ambiente é um fator determinante do desempenho das aves. O conforto térmico propicia melhores condições para que o animal expresse seu potencial produtivo (Faria et al. 2002). Tadiyanant et al. (1991) submeteram poedeiras a temperaturas de 21,1 vs 29,4°C e 21,1 vs 33,3°C e observaram decréscimo na quantidade de albúmen e no peso da casca dos ovos quando as aves foram mantidas nos ambientes com alta temperatura. O peso da gema diminuiu somente para temperatura de 33,3°C. Faria et al. (2001) avaliaram os efeitos de três temperaturas ambientais: termoneutra (24,8 a 27°C), estresse por calor cíclico (26,2°C por 16 horas e 32,1°C por

8 horas) e estresse por calor constante (30 a 32°C) sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras leves Hy-line W-36 de 31 a 40 semanas de idade. Foi observado que as aves submetidas ao estresse por calor cíclico tiveram o consumo de ração (101,19 g), a produção de ovos (88,25%), o peso dos ovos (56,64g), a massa de ovos (50,34 g/ave/dia) e a conversão alimentar (2,03 g/g) semelhantes às aves mantidas no ambiente termoneutro. Contudo, as aves submetidas ao estresse por calor constante consumiram menos ração (60,97 g), tiveram pior produção de ovos (74,4%), menor peso (53,66g) e massa de ovos (40,04g/ave/dia) quando comparada aos demais tratamentos, no entanto, apresentaram melhor conversão alimentar (1,58 g/g). As aves submetidas ao estresse por calor constante apresentaram ovos com menor porcentagem e espessura de casca e menor gravidade específica, quando comparados a ovos oriundos de aves submetidas a estresse por calor cíclico e ao termoneutro. Segundo os autores, esse efeito sobre a qualidade de casca ocorre devido a redução no consumo de ração, a diminuição do fluxo sanguíneo intestinal e da quantidade de cálcio ionizado no sangue, além da redução da pressão de CO₂ que interfere na produção de íons bicarbonato na mucosa do útero. Plavinik (2003) relatou que as poedeiras em produção reduzem o consumo de ração, a produção de ovos, o tamanho do ovo e a qualidade de casca quando mantidas em temperaturas superiores a 30°C. Mashaly et al. (2004) observaram que poedeiras mantidas em estresse por calor (35°C) tiveram redução no ganho de peso, consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos e no peso e espessura de casca em relação ao grupo controle (23.9°C). Além disso, foi verificado que o estresse por calor causou depressão na imunidade das aves.

Entre os modelos estatísticos utilizados nas pesquisas, cada um possui vantagens e desvantagens, podendo haver variações nas estimativas das exigências. O modelo quadrático, que aparentemente apresenta vantagem no cálculo da exigência nutricional, por possibilitar a estimativa do ganho máximo possível, apresenta dois problemas na descrição do fenômeno. Primeiro, em decorrência do fato do modelo assumir simetria bilateral da resposta ao incremento do nutriente, ou seja, o modelo quadrático descreve a queda da produção na mesma intensidade do acréscimo; e segundo, a função quadrática é muito sensível à diferença entre os níveis estudados tendendo a estimar os valores ótimos no intervalo dos níveis (Euclides e Rostagno, 2001). Segundo Sakomura e Rostagno (2007), para evitar o problema de superestimar a exigência do nutriente, alguns pesquisadores optam por aplicar o intervalo de confiança de 95% do nível máximo (ou mínimo) do nutriente, estimado pela equação quadrática. Em relação ao

modelo Broken line, este tem um bom ajuste estatístico, mas não considera os aspectos fisiológicos do animal e em muitos casos subestima a dose ótima. Esse modelo, apesar de estimar o nível ótimo, não considera os aumentos que poderiam justificar melhorias adicionais no desempenho (Pack, 1996). Entretanto, o modelo de regressão segmentada é mais apropriado quando se pretende determinar proporções ideais de aminoácidos em relação à lisina (elaboração da proteína ideal) principalmente porque gera menores exigências de aminoácidos, o que é importante para que não se determine um perfil de proteína ideal com excessos de aminoácidos. Como desvantagem, a regressão segmentada é biologicamente inválida, pois a resposta do animal a doses crescentes do nutriente não aumenta de modo contínuo e também não cessa abruptamente (ponto de quebra). Os modelos exponencial e quadrático são mais adequados para determinação da exigência de lisina para ser utilizada como referência no estabelecimento da proteína ideal, uma vez que esses modelos representam adequadamente as respostas aos acréscimos do nutriente em estudo. Como desvantagem, a determinação da exigência pelos modelos exponencial e polinomial, fixando-se 90 ou 95% da resposta máxima, faz com que a determinação da exigência se torne subjetiva (Mack et al., 1999).

A ativação do sistema imune pode interferir na exigência de aminoácidos pelas aves. Quando este sistema está ativado, ocorrem alterações fisiológicas e metabólicas no organismo. Nessa situação, a prioridade do organismo animal passa a ser a proliferação de células de defesa, a expressão de receptores para reconhecer moléculas estranhas, a produção de citocinas moduladoras de resposta imune, a produção de anticorpos e outras moléculas efetoras (Tahakashi, 2006). Neste contexto, nutrientes com participação mais expressiva na deposição e menos expressiva nas funções de defesa, como a lisina, passam a ter importância reduzida para o organismo animal, enquanto outros, que participam mais expressivamente do sistema imune, como metionina, treonina, triptofano e arginina, passam a ser mais requeridos sob tal circunstância (Oliveira Neto e Oliveira, 2009).

Especificamente em relação ao triptofano, o seu envolvimento no controle da resposta imune tem sido estudado. O seu papel parece estar associado a indoleamina 2,3-dioxigenase (IDO), enzima envolvida no catabolismo do triptofano até quinurenina. Esse corresponde ao primeiro passo no catabolismo do triptofano, levando à produção de ácido xanturênico e antranílico e eventualmente a produção de ácido picolínico e niacina (Le Floc'h e Seve, 2007). Em suínos, Melchior et al. (2004) observaram que o metabolismo do triptofano foi afetado por uma inflamação pulmonar crônica causada

por indução intravenosa com adjuvante de Freund. A inflamação pulmonar induziu uma diminuição na concentração plasmática de triptofano. Uma explicação pode ser o aumento da atividade da enzima IDO e o consequente aumento no catabolismo do triptofano pelo caminho da quinurenina. Em outras espécies a depressão do nível de triptofano livre no plasma também tem sido associada ao aumento da degradação de triptofano pela ativação da IDO, ocorrendo em vários estados inflamatórios (Saito et al., 1992). Le Floch et al. (2004) verificaram que o nível de triptofano na dieta também pode influenciar a resposta inflamatória. Haptoglobulina é a principal proteína de fase aguda usada como indicador de inflamações em suínos. Assim, os autores observaram que suínos sofrendo de inflamação pulmonar apresentaram menor concentração plasmática de haptoglobulina quando foram alimentados com uma ração bem balanceada em triptofano em comparação aos animais alimentados com uma ração deficiente em triptofano.

A função do caminho metabólico induzido por citocinas tem sido estudada. Primeiro, foi demonstrado que a IDO é capaz de mediar efeitos antimicrobianos. Células ativadas por interferon- γ (IFN- γ) e expressando IDO são capazes de inibir o crescimento de patógenos em humanos. Os mecanismos antimicrobianos gerados pela indução da atividade da IDO não são totalmente entendidos, mas o que é comumente comentado é a habilidade da enzima em reduzir a disponibilidade de triptofano para o crescimento dos patógenos que infectam o microambiente celular (Däubener e MacKenzie, 1999). Outro papel da ativação da IDO é o controle da proliferação de linfócitos. Células expressando IDO, como macrófagos e células dendríticas, são capazes de inibir a proliferação de células T em resposta a um desafio antigênico. A IDO pode suprimir as células T induzindo uma depleção de triptofano local e por produzir metabólitos do triptofano, como ácido 3-hidroxiantranílico e quinolínico, responsáveis por apoptose de células T (Munn et al., 1999). Frumento et al. (2002) também mostraram que catabólitos derivados do triptofano, como quinurenina e ácido picolínico são responsáveis por inibição da proliferação de células T.

A qualidade do ambiente também pode ser considerado como fator que influencia a exigência de triptofano pelos animais. A consequência de uma resposta imune sobre metabolismo do triptofano é uma redução da disponibilidade para o crescimento corporal ou produção de ovos e para outros processos metabólicos que envolvem esse aminoácido. Uma deterioração do ambiente sanitário pode levar a uma moderada resposta inflamatória e redução do desempenho dos animais. Em suínos, Le

Floc'h et al. (2007), verificaram que animais mantidos em um ambiente sanitário pobre exibiram menor concentração de triptofano no plasma, independente do nível de triptofano na dieta. O aumento do nível de triptofano na dieta não preveniu a queda no desempenho devido a deterioração do estatus sanitário, porém a taxa de crescimento dos animais mantidos em um ambiente sanitário pobre foi mais sensível com dietas com menor nível de triptofano em relação ao grupo controle. Assim, o aumento na taxa de crescimento, induzido pelo aumento de triptofano na dieta, pode ter papel mais importante para animais submetidos a moderado desafio inflamatório causado por um ambiente sanitário pobre.

8. Triptofano e sua relação com outros aminoácidos

Os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL), que incluem aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina), a fenilalanina e a tirosina, competem com o triptofano pelo sítio de absorção na barreira hematoencefálica. Assim, a relação entre triptofano e ANCL no plasma pode influenciar a síntese de serotonina no hipotálamo, neurotransmissor que tem papel importante na regulação do consumo de alimento (Tackman et al., 1990; Jansman, 2000; Peganova e Eder, 2003)

Altas concentrações de aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) na dieta de suínos pode levar a redução no consumo de alimento devido a supressão do transporte de triptofano para o cérebro e subsequente formação de serotonina (Henry et al., 1992). Estudos com frangos também mostraram que o excesso de aminoácidos de cadeia ramificada está associado com redução da formação de serotonina no cérebro (Harrison e D'Mello, 1986). Segundo Peganova e Eder (2003), essa constatação leva a suspeita de que uma diminuição da absorção de triptofano no cérebro, na presença de excesso de isoleucina, pode desempenhar papel importante na redução do consumo de ração em poedeiras. Assim, esses autores avaliaram se a depressão no desempenho de poedeiras, causado pelo excesso de isoleucina na dieta (5,7; 8,0 e 11,5 g/kg), pode ser aliviada aumentando a suplementação com triptofano. O aumento na concentração da isoleucina na dieta de 5,7 para 11,5 g/kg levou a redução no consumo de ração e massa de ovos das poedeiras. Entretanto, a suposição acima não foi confirmada, pois o aumento da concentração de triptofano de 1,5 para 2,4 g/kg na dieta não aliviou os efeitos do excesso de isoleucina. Também foi observado que a ração com alta concentração de triptofano proporcionou consumo de ração 6% maior em relação a dieta baixa em

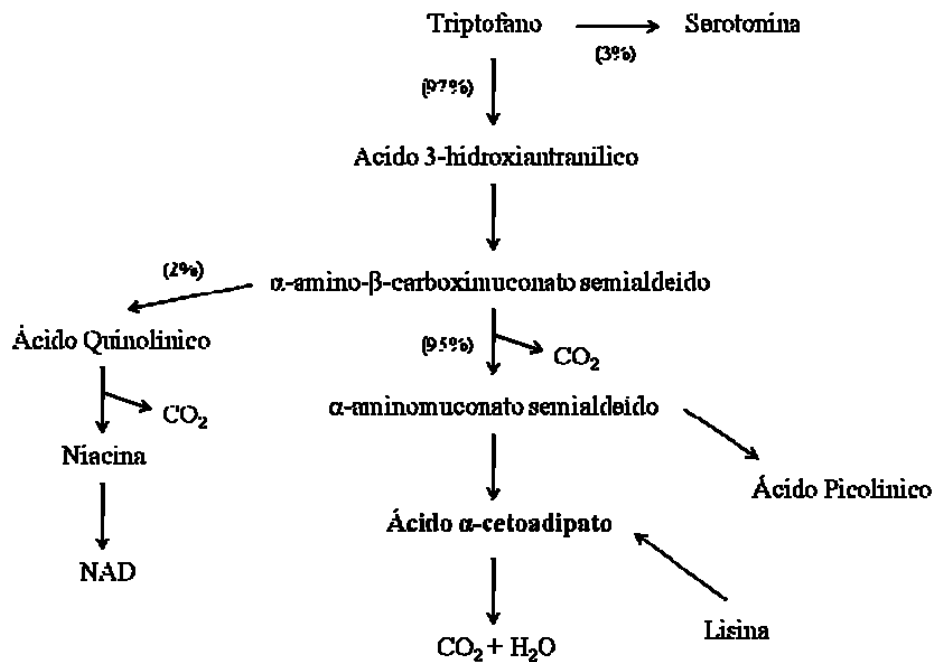
triptofano. Segundo os autores, esse efeito pode estar associado a maior produção de serotonina.

Estudos com suínos mostraram que a exigência de triptofano é influenciada pelo nível de suplementação de ANCL (Henry et al., 1992). Para aves os estudos são escassos, entretanto, Peganova et al. (2003) investigaram se a exigência de triptofano para poedeiras também é dependente da suplementação de ANCL. Poedeiras semipesadas de 31 a 37 semanas de idade foram submetidas a dietas que variaram na concentração de triptofano (1,0; 1,25; 1,5; 1,75, 2,0 e 2,5 g/kg) e de ANCL (níveis normais de isoleucina, valina, leucina, fenilalanina e tirosina (German Nutrition Society (1999) ou acrescidos em 40%). Foi observado que as aves que receberam dietas com alta concentração de ANCL tiveram menor exigência de triptofano (145 e 155 mg/ave/dia) para atingir uma ótima produção de ovos e massa de ovos, respectivamente, em comparação com as aves que receberam rações com concentração adequada de ANCL (184 e 198 mg/ave/dia). Em contraste, a exigência de triptofano para ganho de peso foi menor para aves alimentadas com rações com níveis adequados de ANCL (178 mg/ave/dia), em comparação com as aves que receberam rações com altos níveis de ANCL (212 mg/ave/dia). Segundo os autores, esses resultados sugerem que, para poedeiras, existem interações entre ANCL e o triptofano da dieta, pois a suplementação com ANCL acima da exigência modificou a distribuição relativa de triptofano entre proteína dos ovos e proteína corporal. Foi sugerido que o consumo de dietas com maior suplementação de ANCL combinado com baixos níveis de triptofano, aumentou a mobilização de triptofano corporal para ser utilizado na formação de massa de ovos. Em relação ao consumo, as aves também responderam às dietas com baixos níveis de triptofano com redução. Entretanto, a variação na concentração de ANCL nas dietas não influenciou o consumo de ração das aves.

O catabolismo do triptofano e da lisina possuem um mesmo intermediário, o ácido α -cetoaladipato (Figura 2). O ponto final no catabolismo do triptofano, que leva a produção de niacina, ocorre a partir do amino carboximuconato semialdeído (ACS). Aproximadamente 95% do ACS é catabolizado a CO_2 e H_2O , produzindo ácido α -cetoaladipato como intermediário. Em aves, o metabolismo do triptofano pode ser influenciado pelo excesso de lisina na dieta. Augspurger e Baker (2007) observaram que o excesso de lisina melhorou o desempenho de frangos alimentados com uma ração deficiente em niacina e adequada em triptofano. A hipótese é que o excesso de lisina na dieta leva ao aumento da produção de niacina a partir do triptofano. Isso ocorre devido

ao acúmulo de ácido α -cetoadipato, o qual causa a inibição pelo produto final do catabolismo do triptofano até CO_2 e, desse modo, aumenta o fluxo de ACS para a produção de niacina e NAD.

Figura 2 – Caminhos no metabolismo do triptofano



Adaptado de Augspurger e Baker (2007)

BIBLIOGRAFIA

- AHN, D.U.; KIM, S.M.; SHU, H. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. **Poultry Science**, v.76, p.914-919, 1997.
- ANDRADE, L.; SILVA, N.A.; LEANDRO, N.S.M. et al. Uso de rações com diferentes níveis de proteína suplementadas com aminoácidos na alimentação de poedeiras na fase pós pico de produção. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.5, p.54, 2003.
- ANTAR, R.S.; HARMS, R.H.; SHIVAZAD, M. et al. Performance of commercial laying hens when six percent corn oil is added to the diet at various ages and with different levels of tryptophan and protein. **Poultry Science**, v.83, p.447-455, 2004.
- AUGSPURGER, N.R.; BAKER, D.H. Excess dietary lysine increases growth of chicks fed niacin-deficient diets, but dietary quinolinic acid has no niacin-sparing activity. **Poultry Science**, v.86, p.349-355, 2007.
- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR T.M. et al. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, v.81, p.485-494, 2002.
- BONEKAMP, R.P.R.T.; LEMME, A.; WIJTEN, P.J.A. et al. Effects of amino acids on egg number and egg mass of brown (heavy breed) and white (light breed) laying hens. **Poultry Science**, v.89, p.522-529, 2010.
- BRAY, D.J. Requirements for limiting amino acids-the basal diets and the requirements for isoleucine, lysine and tryptophan. **Poultry Science**, v.48, p.674-684, 1969.
- BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B. et al. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744-758, 2008.
- BRUMANO, G. Níveis de lisina e de metionina + cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de aves e de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.3, p.898-917, 2009.
- CAMPS, D.M. Dietas bajas en proteínas con suplementación de treonina y triptofano en la alimentación de ponedoras comerciales. **Revista Cubana de Ciencia Avícola**, v.25, p.131-136, 2001.
- CARVALHO, D.C.O. **Biodisponibilidade de fontes de metionina e exigências de nutricionais de lisina e de triptofano para poedeiras leves, mantidas em ambiente de alta temperatura, na fase de produção**. 2005. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CECCANTINI, M.L.; YURI, D. Otimização da formulação de ração com base em aminoácidos digestíveis. In: V CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM AVICULTURA PARA POSTURA COMERCIAL, 2008, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2008.

- CONALGO, G.L. Fatores que influenciam as exigências nutricionais de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.345-360.
- DÄUBENER, W.C.; MACKENZIE, R. IFN-gamma activated indoleamine 2,3-dioxygenase activity in human cells is an antiparasitic and an antibacterial effector mechanism. **Adv. Exp. Med. Biol.**, v.467, p. 517–524, 1999.
- DEPONTI, B.J.; FARIA, D.E.; FARIA FILHO, D.E. Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1324-1330, 2007.
- DONHAM, K.J.; CUMRO, D.; REYNOLDS, S. Synergistic effects of dust and ammonia on the occupational health effects of poultry production workers. **Journal of Agromedicine**, v.8, p.57-76, 2002.
- EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p.462-470, 1997.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. Nutrição de Aves e Suínos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p.77-88.
- FARIA, D.E.; JUNQUEIRA, O.M.; SOUZA, P.A. et al. Desempenho, temperatura corporal e qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com vitaminas D e C em três temperaturas ambiente. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.49–56, 2001.
- FARIA, D.E.; FARIA FILHO, D.E.; RIZZO, M.F. Interação nutrição e qualidade de ovos para processamento industrial. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO ANIMAL - COLÉGIO BRASILEIRO EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 2002. **Anais...** Disponível em: <<http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/ovos-CBNA-2002.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2006.
- FRUMENTO, G.; ROTONDO, R.; TONETTI, M. et al. Tryptophan-derived catabolites are responsible for inhibition of T and natural killer cell proliferation induced by indoleamine 2,3-dioxygenase. **Journal Experimental Medicine**, v.196, p.459–468, 2002.
- GARCIA, J.R.M. **Avanços na nutrição da poedeira moderna**, 2004. Disponível em: <[http://www.hylinedobrasil.com.br/website/production/downloads/6_palestra_CBN A .pdf](http://www.hylinedobrasil.com.br/website/production/downloads/6_palestra_CBN_A.pdf)> Acesso em: 01/08/2010.
- German Nutrition Society (GfE). 1999. Energie- und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr.7. **Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler)**. Verlag, Frankfurt.
- Guia de manejo:** Hy-line W-36, 2009-2011, 44p.

- HARMS, R.H.; RUSSEL, G.B. Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low protein diet. **Poultry Science**, v.72, n.1, p.1892-96, 1993.
- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Evaluation of tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet. **Poultry Science**, v.79, p.740-742, 2000.
- HARRISON, L.M.; D'MELLO, J.P.F. Large neutral amino acids in the diet and neurotransmitter concentrations in the chick brain. In: **Proceedings of the Nutrition Society**, v.45, 1986. Cambridge University, p.72.
- HENRY, Y.; COLLÉAUX, Y.; GANIER, P. et al. 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**, v.70, p.1873-1887, 1992.
- HOMIDAN, A.A.; ROBERTSON, J.F.; PETCHEY, A.M. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. **World's Poultry Science Journal**, v.59, p.340-349, 2003.
- HUSSEIN, S.M.; HARMS, R.H. Effect of amino acid deficiencies on yolk:abumen ratio in hen eggs. **Journal Applied Poultry Research**, v.3, p.362-366, 1994.
- ISHIBASHI, T. Tryptophan requirements of laying hens. **Poultry Science**, v.22, p.256-263, 1985.
- JANSMAN, A.J.M. Necesidades y utilización del triptófano en animales monogástricos. In: XVI CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. **Anais...** Barcelona, p. 25-43, 2000.
- JENSEN, L.S.; CALDERON, V.M.; MENDONCA JR., C.X. Response to tryptophan of laying hens fed practical diets varying in protein concentration. **Poultry Science**, v.69, p.1956-1965, 1990.
- KESHAVARZ, K.; AUSTIC, R.E. The use of low-protein, low-phosphorus, amino acid- and phytase-supplemented diets on laying hen performance and nitrogen and phosphorus excretion. **Poultry Science**, v.83, p.75-83, 2004.
- KLASING, K.C. Amino acid. In: KLASING, K.C. (Ed.) **Comparative avian nutrition**. Wallingford, UK: CAB International, p.133-170, 1998.
- LECLERCQ, B. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 14, 1998, España. **Anais...** Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal, 1998. p. 191-202.
- LEESON, S.; CASTON, L.J. Response of laying hens to diets varying in crude protein or available phosphorus. **Journal Applied Poultry Research**, v.5, p.289-296, 1996.
- LEESON, S.; SUMMERS J.D. **Nutrition of the chicken**. 4.ed. Ontario: University Books, 2001. 591p.

- LE FLOCH, N.; MELCHIOR, D.; SÈVE, B. The importance of dietary tryptophan for preserving growth and controlling inflammatory response of weaned pigs submitted to immune stress. In: MADEC, F.; CLÉMENT, G. (Eds.), **Animal Production in Europe: the Way Forward in a Changing World**, Proceedings of International Society for Animal Hygiene, 2004, p. 239–240.
- LE FLOCH, N.; SEVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v.112, n.1, p.23-32, 2007.
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; MORAIS, S.A.N. et al. Relação triptofano digestível: lisina digestível sobre a qualidade de ovos de poedeiras leves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD-ROM).
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P. et al. Digestible tryptophan: digestible lysine ratio on the performance of laying hens. In: International Poultry Scientific Forum, Atlanta, GA, USA, 2011.
- MACK, S.; BERCOVICI, D.; GROOTE, G. et al. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. **British Poultry Science**, v.40, p.257-265, 1999.
- MASHALY, M.M; HENDRICKS, G.L.; KALAMA, M.A. et al. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, n.83, p.889–894, 2004.
- MELCHIOR, D.; SÈVE, B.; LE FLOCH, N. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1091–1099, 2004.
- MITCHELL, H. H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964.
- MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C. Metabolismo protéico em aves. In: CURSO DE FISILOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES, 2004, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2004.
- MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; SAKAMOTO, M.U. Fisiologia da digestão e absorção de proteínas em aves. In: CURSO DE FISILOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES, 2004, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2004.
- MORRIS, T.T.; WETHLI, E. The tryptophan requirements of young laying pullets. **British Poultry Science**, v.19, p.455- 466, 1978.
- MUNN, D.H.; SHAFIZADEH, E.; ATTWOOD, J.T. et al. Inhibition of T cell proliferation by macrophage tryptophan catabolism. **Journal Experimental Medicine**, v.189, p.1363–1372, 1999.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. et al. **Harper's Biochemistry**. 21. ed. Norwalk: Aooleton & Lange, 1988. 700p.
- NARVÁEZ, W.V.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Exigências nutricionais em triptofano para galinhas poedeiras leves e semipesadas. In: XXXIV REUNIÃO

- ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.36-37.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- NOVAK, C.; YAKOUT, H.M.; SCHEIDELER, S.E. The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid:lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-line W-98 hens. **Poultry Science**, n.85, p.2195–2206, 2006.
- OHTANI, H.; SAITOH, S.; OHKAWARA, H. et al. Research note: Production performance of laying hens fed L-tryptophan. **Poultry Science**, v.68, p.323–326, 1989.
- OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, W.P. Aminoácidos para frangos de corte. **Revista Brasileira de zootecnia**, v.38, p.205-208, 2009.
- OVIEDO-RONDÓN, E.O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.239-252, 2008.
- PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.43-54.
- PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 120-128, 1994.
- PATTERSON, P.H.; ADRIZAL. Management strategies to reduce air emissions: emphasis-dust and ammonia. **Journal of Applied Poultry Research**, v.14, p.638-650, 2005.
- PATTERSON, P.H.; LORENZ, E.S. Manure nutrient production from commercial white leghorn hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.260-268, 1996.
- PAVAN, A.C.; MÓRI, C.; GARCIA, E.A. et al. Níveis de proteína bruta e de aminoácidos sulfurados totais sobre o desempenho, a qualidade dos ovos e a excreção de nitrogênio de poedeiras de ovos marrons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.568-574, 2005.
- PEGANOVA, S. EDER, K. Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. **Poultry Science**, v.81, p.1714-1721, 2002.
- PEGANOVA, S. EDER, K. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.100-105, 2003.
- PEGANOVA, S.; HIRCHE, F.; EDER, K. Requirement of tryptophan in relation to the supply of large neutral amino acids in laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.815-822, 2003.

- PLAVINIK, I. Nutrição de aves em climas quentes. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2003. p.235-245.
- ROGERS, S.R.; PESTI, G.M. The influence of dietary tryptophan on broiler chick growth and lipid metabolism as mediated by dietary protein levels. **Poultry Science**, v.69, n.5, p.746-756, 1990.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2011.251p.
- ROSTAGNO, H. S.; BARBARINO Jr., P.; BARBOSA, W. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.361-388.
- RUSSEL G.B.; HARMS, R.H. Tryptophan requirement of the commercial hen. **Poultry Science**, v.78, n.9, p.1283-1285, 1999.
- SAITO, K.; MARKEY, S.P.; HEYES, M.P. Effects of immune activation on quinolinic acid and neuroactive kynurenines in the mouse. **Neuroscience**, v.51, p.25–39, 1992.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
- SCHUTTE, J.B. The ideal amino acid profile for laying hens and broiler chicks. In: MINI SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa, UFV: DZO, p.01-06, 1999.
- SCOTT, T.A.; SILVERSIDES, F.G. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, v.79, p.1725-1729, 2000.
- SILVA, A.L.; SARAIVA, E.P.; GOMES, D.L.S. et al. Efeito de diferentes relações triptofano digestível:lisina digestível sobre o peso de órgãos e da morfometria intestinal de poedeiras leves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD-ROM).
- SILVA, M.F.R.; FARIA, D.E.; RIZZOLI, P.W. et al. Desempenho, qualidade dos ovos e balanço de nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta e lisina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1280-1285, 2010.
- SILVERSIDES, F.G.; SCOTT, T.A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. **Poultry Science**, v.80, p.1240-1245, 2001.
- TACKMAN, J.M.; TEWS, J.K.; HARPER, A.E. Dietary disproportions of amino acids in the rats: effects of food intake, plasma and brain amino acids and brain serotonin. **Journal Nutrition**, v.120, p.521-533, 1990.
- TADTIYANANT, C.; LYONS, J.J.; VANDEPOPULIERE, J.M. Influence of wet and dry feed on laying hens under heat stress. **Poultry Science**, v.70, p.44-52, 1991.

- TAHAKASHI, K. Nutritional control of inflammatory responses in broiler chickens. **Journal of integrated Field Science**, v.3, p.1-7, 2006.
- WU, G.; BRYANT, M.M.; VOITTE, R.A. et al. Effect of dietary energy on performance and egg composition of bovens white and dekalb white hens during phase I. **Poultry Science**, v.84, p.1610-1615, 2005.
- YUNianto, D.; KAYASHI, K.; KANEDA, S. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. **British Journal Nutrition**, v.77, p.897-909, 1996.

CAPÍTULO 1

RELAÇÃO TRIPTOFANO DIGESTÍVEL:LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 24 A 40 SEMANAS DE IDADE

INTRODUÇÃO

O alto custo dos ingredientes utilizados na alimentação das aves demanda, por parte dos nutricionistas, a adoção de estratégias que proporcionem melhor aproveitamento dos nutrientes, gerando maior eficiência produtiva. Nesse sentido, para a formulação de programas alimentares, além do valor nutricional dos alimentos, é importante conhecer as exigências nutricionais das aves.

Durante as últimas décadas, a produtividade das poedeiras comerciais aumentou consideravelmente. Além do número de ovos, massa de ovos e conversão alimentar, a persistência de postura também foi melhorada. Isso tem implicações sobre a nutrição aminoacídica ideal. Um aumento na produção de massa de ovos exige maior fornecimento de aminoácidos via alimentação. Essa dinâmica exige a realização de estudos para atualizar as exigências de aminoácidos das poedeiras.

Com o avanço no conhecimento da nutrição de monogástricos, somado a disponibilidade de aminoácidos sintéticos em escala comercial e a preços compatíveis, a adoção do conceito de proteína ideal na formulação de rações para poedeiras é uma realidade. Essa prática possibilita a redução dos níveis protéicos das dietas, sem afetar o aporte de aminoácidos necessário às aves. Assim, pode-se alcançar melhor aproveitamento nutricional, redução nos custos de produção e menor produção de resíduos potencialmente poluidores ao meio ambiente. Para adoção do conceito de proteína ideal é importante quantificar as exigências dos aminoácidos em relação a exigência de lisina. A lisina tem sido utilizada como aminoácido referência para o estabelecimento das relações ideais principalmente em função de sua determinação analítica simples e sua utilização exclusiva para a síntese de proteínas.

A maioria das rações para poedeiras já é calculada com base em aminoácidos digestíveis e no conceito de proteína ideal. Como o triptofano é o terceiro aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja para poedeiras, destaca-se a importância de se determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível. Assim, rações nutricionalmente mais precisas poderão ser formuladas, dando possibilidade às aves de expressar seu potencial produtivo.

O objetivo com este trabalho foi determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de janeiro a maio de 2009 nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas 240 galinhas poedeiras Hy-Line W-36 com 24 semanas de idade, com peso médio inicial de 1.267 gramas. As aves foram adquiridas com 20 semanas de idade. Até entrarem em fase experimental, foram manejadas de acordo com as recomendações do manual da linhagem e alimentadas segundo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2005).

As aves foram alojadas aos pares em gaiolas de 25x40x45 cm, instaladas em um galpão com 12x8 m, fechado nas laterais com tela e com cobertura de telhas de barro em duas águas. Quando completaram 22 semanas de idade, as aves foram pesadas e distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, oito repetições e seis aves por unidade experimental. A produção de ovos foi contabilizada durante o período de 22 a 24 semanas de idade. Antes do fornecimento das dietas experimentais foi realizada uma uniformização das aves nos tratamentos de acordo com a porcentagem de postura.

Ao completarem 24 semanas de idade, as aves foram submetidas aos tratamentos experimentais. Os tratamentos consistiram de rações isonutritivas, exceto para os níveis de triptofano digestível que variaram em cinco níveis. Foi utilizado um nível subótimo de lisina digestível nas dietas (0,730%), para um consumo médio diário/ave de 95 g de ração e de 694 mg de lisina digestível. O nível subótimo foi importante para garantir que toda lisina digestível consumida fosse utilizada e a relação ideal de triptofano digestível:lisina digestível estimada refletisse as reais necessidades das aves. Os níveis de triptofano digestível nas dietas experimentais foram 0,157; 0,168; 0,179; 0,190 e 0,201%, proporcionando relações triptofano digestível:lisina digestível de 21,5; 23,0; 24,5; 26,0 e 27,5 (Tabela 1). As suplementações com L-triptofano foram feitas em substituição ao L-glutâmico em equivalente protéico. Após essa substituição, o inerte (amido) foi adicionado na quantidade necessária para fechar as dietas em 100%. Em todas as dietas foram mantidas as mesmas relações entre os outros aminoácidos e a lisina.

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas na matéria natural

Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Milho (8%)	64,941	64,941	64,941	64,941	64,941
Farelo de Soja (45%)	15,046	15,046	15,046	15,046	15,046
F. de Glúten de Milho (60%)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Óleo de Soja	3,564	3,564	3,564	3,564	3,564
Calcário	9,794	9,794	9,794	9,794	9,794
Fosfato Bicálcico	1,684	1,684	1,684	1,684	1,684
Sal	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556
Carbonato de Potássio	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272
Cloreto de Colina (60%)	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Antioxidante ¹	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Mistura Vitamínica ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura Mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Lisina HCl (79%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
DL-Metionina (99%)	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308
L-Treonina (98%)	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126
L-Isoleucina (98,5%)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Valina (98,5%)	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
L-Triptofano (98%)	0,026	0,037	0,049	0,060	0,071
L-Glutâmico	0,069	0,053	0,034	0,018	-
Amido	-	0,005	0,012	0,017	0,024
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada					
Proteína Bruta (%)	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cálcio (%)	4,230	4,230	4,230	4,230	4,230
Fósforo Disponível (%)	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Potássio (%)	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615
Cloro (%)	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372
Sódio (%)	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237
Triptofano dig. (%)	0,157	0,168	0,179	0,190	0,201
Lisina dig. (%)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Met+Cis dig. (%)	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752
Metionina dig. (%)	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534
Treonina dig. (%)	0,591	0,591	0,591	0,591	0,591
Isoleucina dig. (%)	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628
Valina dig. (%)	0,679	0,679	0,679	0,679	0,679

¹Butil-hidróxi-tolueno (BHT).

²Quantidade por kg de ração: vit. A - 7200 UI; vit D₃ - 1600 UI; vit. E - 5 UI; vit B₁ - 0,9 mg; vit B₂ - 2,7 mg; vit B₆ - 1,5 mg; pantotenato de cálcio - 5,9 mg; biotina - 0,02 mg; vit. K₃ - 1,1 mg; ác. Fólico - 0,25 mg; niacina - 16 mg; vit. B₁₂ - 7,2 mcg; selênio - 0,25 mg.

³Quantidade por kg de ração: manganês - 75 mg; ferro - 50 mg; zinco - 70 mg; cobre - 8 mg; iodo - 0,75 mg.

As relações mínimas entre os aminoácidos essenciais e a lisina, atendidas nas dietas, foram: metionina+cistina 103% (100% recomendado por Brumano et al. (2010) + acréscimo de 3%); treonina 81% (78% recomendado por Rocha et al. (2009) +

acrécimo de 3%); metionina 53%, valina 93% e isoleucina 86% (valores recomendados por Rostagno et al. (2005) + acréscimo de 3%). O acréscimo de 3% foi uma tentativa de prevenir a falta de algum aminoácido essencial, pois caso alguma das relações estivesse subestimada, o desempenho das aves poderia ser limitado, comprometendo a determinação da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível. Os demais nutrientes, exceto a proteína bruta, seguiram as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2005).

As rações foram fornecidas diariamente às 8:00 e 16:00 horas. Durante todo experimento, o consumo máximo de ração foi limitado em 95 g/ave/dia. A água foi fornecida a vontade.

O programa de luz adotado foi o mesmo utilizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV que consiste do fornecimento de 17 horas de luz diárias. O controle do fornecimento de luz foi realizado por meio de um relógio digital (timer), que garantiu o acender e apagar das luzes conforme necessário.

A temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente por dois termômetros de máxima e mínima (Tabela 2). A umidade relativa no interior do galpão foi monitorada diariamente às 8:00 e 16:00 horas por um termo-higrômetro (termômetro de bulbo seco e úmido) (Tabela 3). Os termômetros foram distribuídos pelo galpão posicionados à altura das aves.

Tabela 2 - Temperaturas médias (máxima e mínima) registradas no interior do galpão durante o período experimental

Semanas	Temperaturas (° C)	
	Máxima	Mínima
24 – 27	29,9 (34,0) ¹	20,8 (18,0) ²
28 – 31	32,0 (35,0) ¹	20,5 (18,0) ²
32 – 35	28,7 (32,0) ¹	20,8 (18,0) ²
36 - 39	27,6 (30,0) ¹	16,4 (13,0) ²
Média	29,6	19,6

¹ Maior temperatura registrada no período

² Menor temperatura registrada no período

Tabela 3 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o período experimental

Semanas	Umidade relativa (%)	
	8:00 horas	16:00 horas
24 – 27	90,2	70,1
28 – 31	87,9	63,7
32 – 35	88,9	76,7
36 - 39	89,1	67,3
Média	89,0	69,4

O experimento teve duração de 16 semanas, sendo os seguintes parâmetros avaliados:

- Consumo alimentar: foi realizado o cálculo da quantidade de ração consumida em cada unidade experimental. O consumo alimentar por ave foi determinado pela divisão da quantidade de ração, triptofano digestível e lisina digestível consumida pelo número de aves nas unidades experimentais. O consumo de ração foi expresso em gramas/ave/dia e o de triptofano e lisina digestíveis em mg/ave/dia;

- Produção de ovos: foi realizada uma coleta diária às 16:00 horas e a porcentagem de postura calculada de acordo com o número de aves nas unidades experimentais;

- Peso dos ovos: foram utilizados os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada período de 28 dias. A média do peso dos ovos, expressa em gramas, foi obtida pela divisão do peso total dos ovos pelo número de ovos coletados;

- Massa de ovos: foi obtida multiplicando o peso médio dos ovos pelo número de ovos produzidos no período, dividido pelo número de aves nas unidades experimentais, sendo expressa em g/ave/dia;

- Conversão alimentar: foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dz) e pela produção em massa de ovos (kg/kg);

- Eficiência de utilização de lisina digestível: foi calculada pela divisão da produção de massa de ovos pelo consumo de lisina digestível (g/g) e pela divisão do número de ovos produzidos pelo consumo de lisina digestível (nº ovos/g);

- Porcentagem dos componentes dos ovos: foram utilizados dois ovos por dia de cada unidade experimental, coletados durante os três últimos dias de cada período de 28 dias. Após pesados os ovos foram quebrados para a separação da gema e albúmen. Para

realizar essa separação foi utilizado um separador de gemas convencional. As gemas foram pesadas e as cascas lavadas e pesadas depois de secas ao ar. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso total dos ovos e o peso das gemas mais o peso das cascas. O peso da gema, albúmen e casca foram determinados em porcentagem em relação ao peso total do ovo.

- Ganho de peso: as aves de cada unidade experimental foram pesadas no início e final do experimento e o ganho de peso médio obtido pela diferença entre as duas pesagens;

- Balanço de nitrogênio: durante a 15ª semana do experimento as aves de três repetições por tratamento foram submetidas a quatro dias de coleta total de excretas. Para isso, as gaiolas foram providas com bandejas metálicas cobertas com plástico. A coleta de excretas foi realizada às 8:00h e 17:00 horas. Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador. Ao final do período de coletas as excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Uma amostra representativa foi retirada e levada a estufa de ventilação forçada, a temperatura de 60° C, durante 72 horas, para a pré-secagem. Durante o período de coleta foi contabilizada a quantidade de ração consumida por unidade experimental. As análises de matéria seca e nitrogênio das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, segundo os métodos descritos por Silva e Queiroz (2002). O balanço de nitrogênio foi obtido pela diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio pelas aves.

A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível foi estimada por meio das variáveis estudadas, utilizando análise de variância, análise de regressão polinomial e Linear Response Plateau (LRP), conforme ajustamento dos dados. As análises foram realizadas no programa Sistema para Análises Estatísticas – UFV (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o aumento dos níveis de triptofano digestível nas dietas foi observado acréscimo linear no consumo de ração pelas aves ($\hat{y} = 62,9656 + 78,1270x$, $R^2 = 0,88$) (Tabela 4). O triptofano é o precursor da serotonina, neurotransmissor ao qual tem sido atribuída, até certo ponto, a função de regular o apetite em aves. As aves submetidas aos menores níveis de triptofano digestível nas dietas possivelmente apresentaram menor produção de serotonina e conseqüentemente tiveram menor estímulo para o consumo de ração. Pesquisadores observaram redução no consumo de ração das poedeiras quando estas foram alimentadas com níveis de triptofano nas dietas iguais ou inferiores a 0,13% (Jensen et al., 1990; Russell e Harms, 1999; Harms e Russell, 2000; Peganova et al., 2003). Peganova e Eder (2003) constataram que o consumo de ração das poedeiras aumentou 6% quando o nível de triptofano na dieta passou de 0,15% para 0,24%. De maneira similar ao observado no presente trabalho, Carvalho (2005) verificou efeito linear no consumo de ração das poedeiras quando o triptofano digestível nas dietas variou de 0,116% a 0,196%.

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	CR (g/ave/dia)	CTrp dig. (mg/ave/dia)	CLis dig. (mg/ave/dia)
0,157	21,5	74,94	117,7	547,0
0,168	23,0	75,92	127,5	554,2
0,179	24,5	77,63	139,0	566,7
0,190	26,0	78,14	148,5	570,4
0,201	27,5	78,13	157,0	570,3
Efeito	-	L*	L***	L*
CV (%)	-	3,71	3,82	3,71

L = efeito linear; *($P < 0,05$); ***($P < 0,001$).

As aves consumiram, em média, 76,95 g/dia de ração, valor abaixo do consumo esperado de 95 g/ave/dia. Conseqüentemente, o consumo de triptofano e lisina digestíveis também ficou reduzido e abaixo do esperado. Além do efeito das dietas com menores níveis de triptofano digestível, o consumo médio de ração também pode ter sido afetado pelas altas temperaturas registradas no interior do galpão (Tabela 2). Durante o período experimental, a temperatura máxima chegou a atingir 35° C, sendo a temperatura máxima média observada de 30° C. De forma semelhante ao observado neste trabalho, Carvalho (2005) verificou que poedeiras leves submetidas a dietas variando o nível de triptofano digestível e a uma temperatura máxima média de 30° C também tiveram um baixo consumo médio de ração. Quando a temperatura está elevada as aves têm redução na capacidade de perder calor corporal para o ambiente e conseqüentemente tendem a reduzir o consumo de alimento.

Como já discutido, o consumo de ração das aves aumentou com o aumento dos níveis de triptofano digestível nas dietas. Assim, aparentemente, um baixo nível de triptofano na dieta parece ser o principal fator limitante do consumo de ração, mesmo em situação de estresse por calor. Além disso, é possível que o triptofano desempenhe papel crucial em atenuar os efeitos do estresse por calor sobre o consumo de ração das aves. Essa hipótese é suportada pelo trabalho de Shan et al. (2003) que avaliaram o efeito da temperatura (25°C e 35°C) sobre o desempenho de frangos de corte de 7 a 21 dias de idade recebendo dietas variando no nível de triptofano (0,090; 0,115; 0,140; 0,165; 0,190 e 0,215%). As aves mantidas em alta temperatura apresentaram menor consumo de ração e desempenho. Porém, as aves que receberam ração contendo o menor nível de triptofano na ração (0,09%), independente da temperatura ambiente, apresentaram um consumo de ração similar.

O consumo de triptofano digestível e de lisina digestível das aves respondeu de forma linear ao aumento dos níveis de triptofano digestível nas dietas ($\hat{y} = -24,2722 + 906,159x$, $R^2 = 1,00$ e $\hat{y} = 459,649 + 570,326x$, $R^2 = 0,88$, respectivamente). O consumo de triptofano digestível aumentou em função, principalmente, do aumento dos níveis desse aminoácido nas dietas, porém, de forma secundária, também foi influenciado pelo aumento do consumo de ração das aves. O nível de lisina digestível foi o mesmo em todas as dietas. Assim, o aumento no consumo desse aminoácido ocorreu exclusivamente devido ao aumento no consumo de ração pelas aves.

A produção de ovos aumentou linearmente com o aumento dos níveis de triptofano nas rações ($\hat{y} = 53,7420 + 130,373x$, $R^2 = 0,94$) (Tabela 5; Figura 1). A

aplicação do modelo LRP mostrou ajustamento dos dados semelhante ao obtido com o modelo linear. O nível de triptofano digestível a partir do qual ocorreu o platô foi de 0,201%, que correspondeu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 27,5%. De acordo com esse resultado, pode-se afirmar que o efeito do triptofano sobre o consumo de ração se refletiu na produção de ovos, ou seja, com um menor nível de triptofano digestível na dieta, ocorreu menor consumo de ração e de nutrientes e, conseqüentemente, menor produção de ovos. A literatura é conclusiva ao demonstrar a importância da ingestão mínima de triptofano para manter produção de ovos adequada. Segundo Jensen et al. (1990), dietas contendo níveis de triptofano inferiores a 0,16% promoveram redução da produção de ovos. Harms e Russell (2000), também trabalhando com poedeiras Hy-line W-36, próximo ao pico de produção, observaram que níveis menores ou igual a 0,14% de triptofano na dieta também proporcionaram menor produção de ovos. No estudo de Peganova et al. (2003), somente o nível extremo de 0,10% de triptofano proporcionou menor produção dos ovos. Contudo, de forma semelhante ao observado no presente trabalho, o efeito observado nessas pesquisas dos níveis de triptofano na dieta sobre a produção de ovos pode estar associado ao consumo de ração.

Tabela 5 - Produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	Postura (%)
0,157	21,5	74,27
0,168	23,0	75,10
0,179	24,5	77,98
0,190	26,0	78,10
0,201	27,5	79,94
Efeito	-	L***
CV (%)	-	3,39

L = efeito linear; ***(P<0,001).

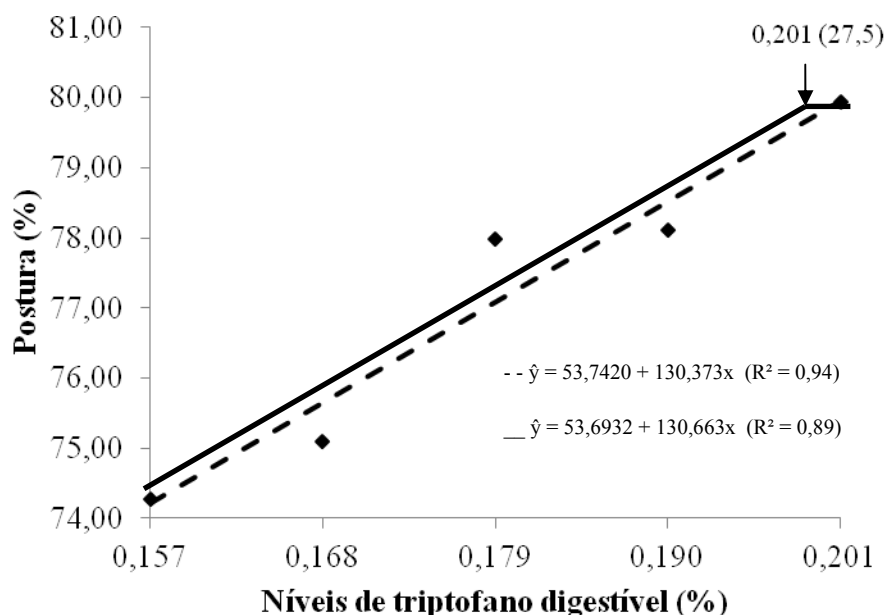


Figura 1 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

O valor de produção de ovos obtido para o nível de 0,201% de triptofano digestível ficou abaixo do esperado de acordo com o manual de manejo da linhagem. Esse fato pode ser explicado pelo nível subótimo de lisina digestível utilizado nas dietas. O nível subótimo é importante para garantir que toda lisina digestível consumida pelas aves seja realmente utilizada e a relação triptofano digestível:lisina digestível estimada reflita as reais necessidades das aves. Um nível de lisina digestível na dieta além da capacidade de utilização das aves pode gerar a estimativa de uma relação triptofano digestível:lisina digestível subestimada. Além disso, como o consumo de ração foi baixo, influenciando a produção de ovos. Entretanto, como o objetivo com o trabalho foi determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível e não a exigência absoluta de triptofano digestível em mg/ave/dia, essa menor produção de ovos não influenciou a confiabilidade das estimativas. Após a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível ser estimada de forma precisa, com a utilização de um nível ótimo de lisina digestível na dieta e com o balanceamento dos aminoácidos essenciais de acordo com o perfil ideal exigido pelas aves, espera-se que elas atinjam o desempenho produtivo ótimo.

Houve efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível sobre o peso médio dos ovos ($\hat{y} = -11,2032 + 732,871x - 2029,24x^2$, $R^2 = 0,47$) (Tabela 6; Figura 2). O nível ideal de triptofano digestível estimado foi de 0,181%. Esse nível correspondeu a

um consumo de 140 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 24,8%. Porém, esse efeito pode ser explicado pela variação no consumo de ração das aves e, conseqüentemente, de nutrientes determinantes para o peso dos ovos. Confirmando essa hipótese, aumento no consumo apenas de metionina + cistina digestível promoveu efeito quadrático sobre o peso de ovos de poedeiras leves (Sá et al., 2007; Cupertino et al., 2009). Antar et al. (2004) verificaram que o peso dos ovos de poedeiras leves de 32 a 40 semanas de idade foi significativamente menor para as aves que ingeriram triptofano na quantidade de 147 mg/ave/dia em comparação àquelas que ingeriram 160 mg/ave/dia. Harms e Russel (2000) observaram aumento do peso do ovo com o aumento dos níveis de triptofano nas dietas, entretanto, no seu trabalho os níveis de proteína e de outros aminoácidos aumentaram conforme se aumentava os níveis de triptofano, o que provavelmente explica esse resultado.

Tabela 6 - Peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	PO (g)	MO (g/ave/dia)
0,157	21,5	54,08	40,17
0,168	23,0	54,27	40,78
0,179	24,5	54,67	42,63
0,190	26,0	55,56	43,39
0,201	27,5	53,78	43,01
Efeito	-	Q*	L***
CV (%)	-	2,13	4,46

L = efeito linear; Q = efeito quadrático; *(P<0,05); ***(P<0,001).

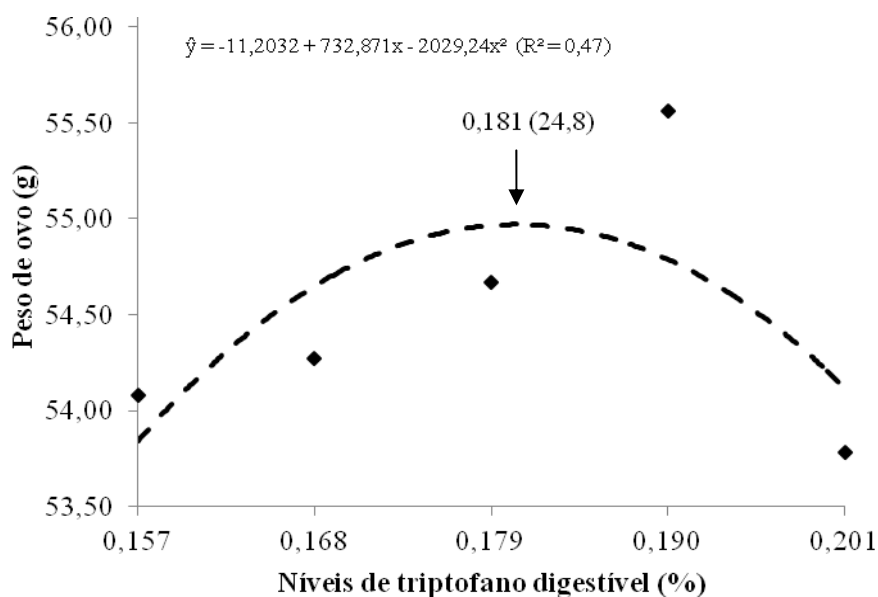


Figura 2 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre o peso médio dos ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Foi observado efeito linear dos níveis de triptofano digestível sobre a produção de massa de ovos ($\hat{y} = 28,5072 + 75,3471x$, $R^2 = 0,84$) (Figura 3). Dessa forma, o nível mínimo de triptofano digestível na dieta estimado para esse parâmetro foi 0,201%, nível correspondente ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 27,5%. Porém, com a aplicação do LRP foi obtida uma menor soma de quadrado dos desvios. O nível de triptofano digestível a partir do qual ocorreu o platô foi de 0,186%, que equivaleu ao consumo de 144 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,5%. Outros autores também observaram que uma menor suplementação de triptofano na dieta afetou a produção da massa de ovos de poedeiras (Russell & Harms, 1999; Peganova et al., 2003; Carvalho, 2005). Contudo, mais uma vez, não foi possível concluir precisamente se esse efeito sobre a produção de massa de ovos, obtido no presente trabalho, é devido exclusivamente ao aumento do consumo de triptofano digestível, pois também pode estar associado ao efeito secundário relativo ao aumento do consumo de ração pelas aves.

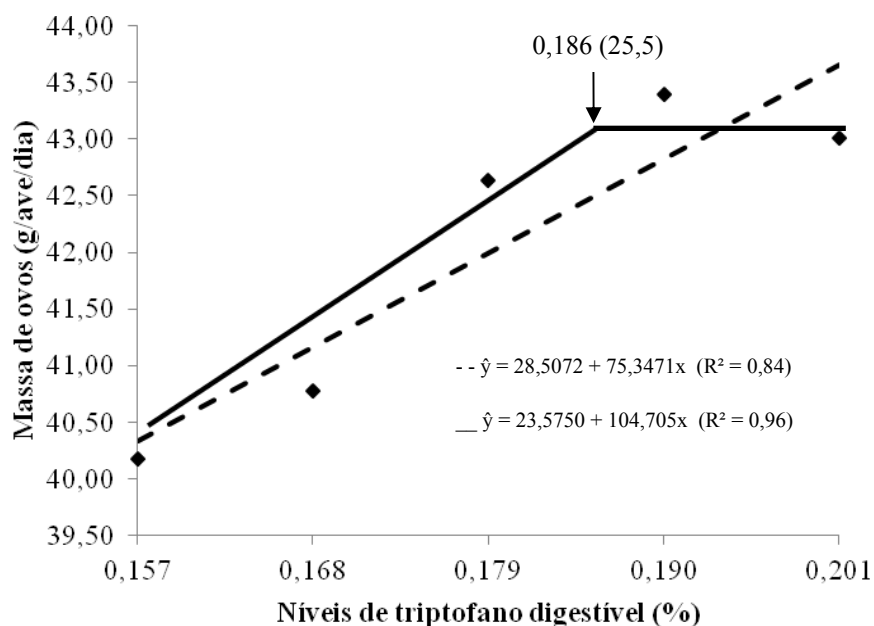


Figura 3 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Em experimentos para estabelecer relações ideais entre aminoácidos essenciais e a lisina, é ideal que o consumo de ração das aves dos diferentes tratamentos não apresente variação significativa. Uma variação no consumo de ração entre as aves de diferentes tratamentos implica em variação na quantidade de lisina digestível ingerida. Esse fato pode influenciar as respostas das aves para produção de ovos, peso de ovos e massa de ovos. Dessa forma, o efeito dos níveis de triptofano na dieta sobre essas variáveis pode estar mascarado pelo aumento no consumo de lisina digestível, levando a estimativas da relação triptofano digestível:lisina digestível inconsistentes.

Como já discutido, no presente trabalho, foi observado diferença no consumo de ração entre as aves recebendo diferentes níveis de triptofano digestível na dieta. Comparando as aves que receberam o maior e o menor nível de triptofano digestível na dieta o consumo de lisina digestível variou em 23,3 mg/ave/dia. Assim, para a determinação da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível tornou-se mais importante avaliar a conversão alimentar e a eficiência de utilização de lisina pelas aves.

A conversão alimentar por massa de ovos respondeu de forma linear ao aumento dos níveis de triptofano digestível nas rações ($\hat{y} = 2,09798 - 1,47147x$, $R^2 = 0,77$) (Tabela 7; Figura 4). Porém, a conversão alimentar por dúzia de ovos não foi influenciada pelos níveis de triptofano digestível nas rações. Assim, o nível mínimo

estimado de triptofano digestível foi de 0,201%, que equivaleu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 27,5%. Contudo, os dados se ajustaram melhor ao LRP, sendo obtida menor soma de quadrado dos desvios para esse modelo. A ocorrência do platô foi estimada a partir do nível de 0,184% de triptofano digestível na dieta. Esse nível correspondeu ao consumo de 142 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,2%. A melhora na conversão alimentar por massa de ovos com o aumento de triptofano digestível pode estar relacionada ao melhor equilíbrio aminoacídico das dietas. Jensen et al. (1990) também observaram pior conversão alimentar para poedeiras alimentadas com rações com teor de triptofano abaixo de 0,16%. Porém, Peganova e Eder (2003) trabalhando com poedeiras de 25 a 28 semanas de idade não observaram efeito dos níveis de triptofano na dieta sobre a conversão alimentar por massa de ovos. A relação triptofano digestível: lisina digestível de 25,2% foi superior ao valor encontrado por Lima et al. (2011) para conversão em massa de ovos (24,58%), entretanto, foi similar ao valor obtido pelos mesmos autores para conversão alimentar em dúzias de ovos (25,25%) de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade.

Tabela 7 - Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	CAMO (g/g)	CADZ (kg/dúzia)
0,157	21,5	1,867	1,206
0,168	23,0	1,863	1,201
0,179	24,5	1,824	1,196
0,190	26,0	1,802	1,201
0,201	27,5	1,817	1,178
Efeito	-	L*	NS
CV (%)	-	3,33	3,09

L = efeito linear; *(P<0,05); NS = não significativo.

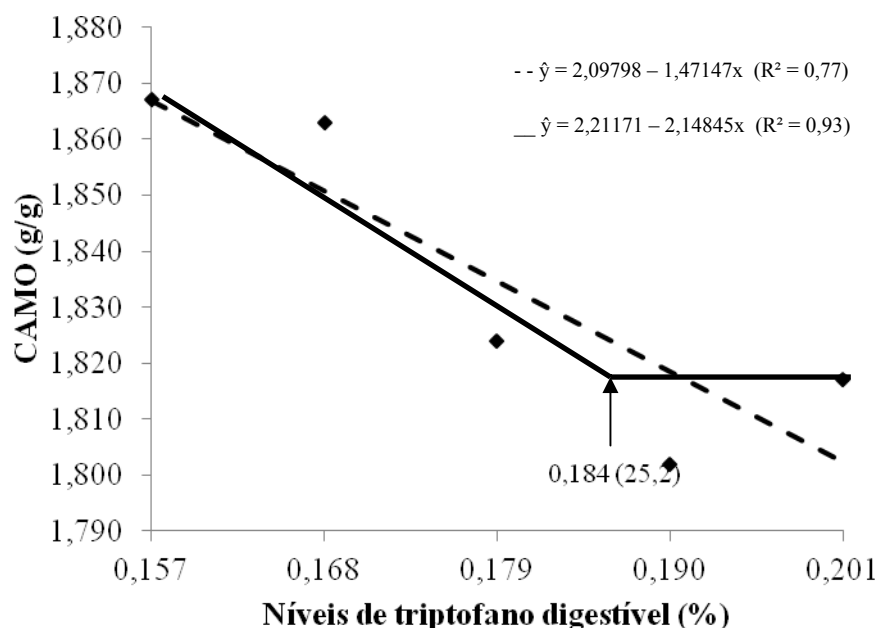


Figura 4 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

A eficiência de utilização de lisina para produção de massa de ovos, de forma coerente com os resultados para conversão alimentar para massa de ovos, aumentou de forma linear com o aumento do nível de triptofano digestível nas rações ($\hat{y} = 63,9832 + 60,1799x$, $R^2 = 0,78$) (Tabela 8; Figura 5). Porém a eficiência de utilização da lisina para o número de ovos produzidos não respondeu aos níveis de triptofano digestível nas rações. Dessa forma, foi estimado como nível mínimo de triptofano digestível 0,201%, que equivaleu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 27,5%. Entretanto, ao se aplicar o modelo LRP houve melhor ajuste dos dados, sendo obtida menor soma de quadrado dos desvios. O nível de triptofano digestível na dieta a partir do qual ocorreu o platô foi de 0,184%. Esse nível correspondeu ao consumo de 142 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,2%.

Tabela 8 - Eficiência de utilização de lisina por massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina por produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	EULMO (g/g)	EULP (nº ovos/g)
0,157	21,5	73,427	1,364
0,168	23,0	73,579	1,370
0,179	24,5	75,209	1,376
0,190	26,0	76,069	1,369
0,201	27,5	75,493	1,398
Efeito	-	L*	NS
CV (%)	-	3,29	3,06

L = efeito linear; *(P<0,05); NS = não significativo.

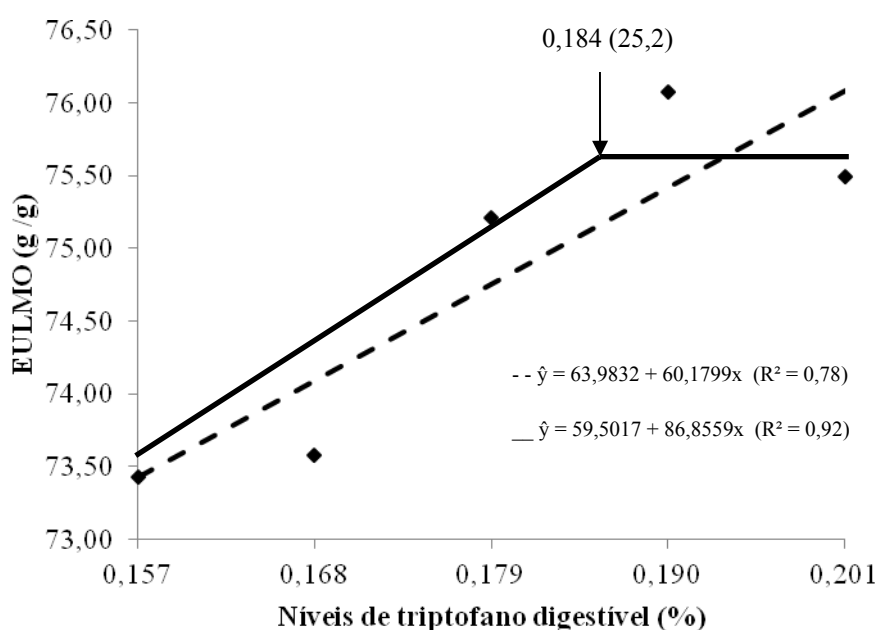


Figura 5 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a eficiência de utilização de lisina por massa de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

A avaliação do parâmetro eficiência de utilização de lisina para produção de massa de ovos foi importante para isolar o efeito do triptofano digestível nas rações

sobre o desempenho das aves. Dessa forma, o nível de triptofano digestível na ração que maximiza a produção de massa de ovos por grama de lisina digestível ingerida é o que estabelece a relação triptofano digestível:lisina digestível melhor ajustada, ou seja, ideal.

Não foi observado efeito dos níveis de triptofano digestível na dieta sobre a porcentagem de gema, de albúmen e de casca (Tabela 9). Estes resultados sugerem que a qualidade dos ovos não é influenciada pela ingestão de triptofano digestível em níveis de 117,7 a 157,0 mg/ave/dia. Assim, a relação de triptofano digestível:lisina digestível de 21,5% foi suficiente para manter a qualidade dos ovos.

Tabela 9 - Porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	G (%)	A (%)	C (%)
0,157	21,5	24,83	65,61	9,56
0,168	23,0	24,91	65,92	9,17
0,179	24,5	24,95	65,58	9,47
0,190	26,0	24,84	65,70	9,46
0,201	27,5	25,17	65,29	9,54
Efeito	-	NS	NS	NS
CV (%)	-	3,05	1,17	4,31

NS = não significativo.

Contrastando com os resultados do presente trabalho, Lima et al. (2010) avaliaram diferentes relações de triptofano digestível:lisina digestível na ração de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade e observaram efeito quadrático sobre as percentagens de casca e gema dos ovos, porém a porcentagem de albúmen também não foi influenciada. Os autores recomendaram uma relação triptofano digestível/lisina digestível na ração de 24,2% para melhor qualidade de ovos. Hussein e Harms (1994) observaram que a redução do nível de triptofano da dieta de 0,180% para 0,127% promoveu redução no peso dos ovos, do albúmen e da casca e levou a aumento na relação gema:albúmen dos ovos de poedeiras Hy-line W-36, porém também não constataram efeito sobre o peso da gema.

Houve efeito significativo dos níveis de triptofano digestível na ração sobre o ganho de peso das aves que respondeu de forma linear ($\hat{y} = -114,922 + 942,965x$, $R^2 = 0,72$) (Tabela 10; Figura 6). Entretanto, o balanço de nitrogênio não foi influenciado pelos níveis de triptofano digestível nas rações. Com base na resposta do ganho de peso das aves, o nível mínimo de triptofano digestível estimado foi 0,201%, que equivaleu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 27,5%. Porém, com a aplicação do LRP foi obtida uma menor soma de quadrado dos desvios. O platô ocorreu a partir nível de 0,181%. Esse nível correspondeu ao consumo de 140 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 24,8%. Mais uma vez, o aumento do consumo de ração e conseqüentemente de nutrientes pode ter sido responsável pelo maior ganho de peso das aves que receberam maiores níveis de triptofano digestível na dieta. Jensen et al. (1990) observaram que as poedeiras que receberam ração com menor nível de triptofano (0,13%) perderam mais peso do que aquelas dos demais tratamentos. Carvalho (2005) constatou que poedeiras leves que receberam ração com 0,116% de triptofano digestível (menor nível), obtiveram perda de peso cinco vezes maior do que as poedeiras que receberam 0,196% (maior nível) de triptofano digestível. Porém, o autor também concluiu que a deficiência de triptofano influenciou o consumo de ração e, por conseguinte, o ganho de peso das aves.

Tabela 10 - Ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	GP (g/ave)	BN (g/ave)
0,157	21,5	31,64	3,382
0,168	23,0	35,54	3,111
0,179	24,5	62,62	3,330
0,190	26,0	76,55	3,737
0,201	27,5	63,00	3,548
Efeito	-	L****	NS
CV (%)	-	88,46	10,30

L = efeito linear; ****(P<0,06); NS = não significativo.

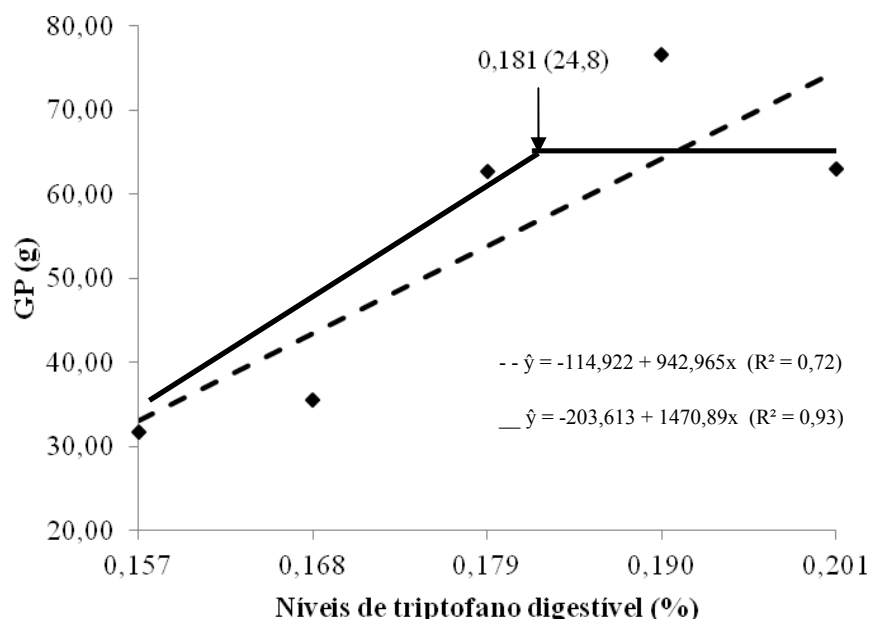


Figura 6 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre o ganho de peso de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Devido a variação no consumo de ração das aves em resposta aos níveis de triptofano digestível nas rações, o consumo de lisina digestível variou. Essa situação influenciou os resultados dos parâmetros de desempenho como produção de ovos, peso de ovos, massa de ovos e ganho de peso, prejudicando a determinação da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível. Assim, a eficiência de utilização de lisina para produção de massa de ovos, que permitiu a correção da influência do consumo de lisina sobre o desempenho das aves, foi utilizada para estimar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível. A partir desse parâmetro, foi estimada em 25,2% a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível em rações para poedeiras leves de 24 a 42 semanas de idade.

Em geral, a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,2%, estimada no presente trabalho, foi maior que as relações recomendadas na literatura, exceto quando comparada aos dados obtidos por Lima et al. (2011). Esses autores avaliaram o desempenho de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade e estimaram a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível, com base na conversão alimentar por dúzia de ovos, em 25,25%.

O NRC (1994) preconiza consumo de 160 mg/ave/dia de triptofano e a relação ideal triptofano:lisina de 23%. Coon e Zhang (1999) a partir de vários experimentos

conduzidos com poedeiras em fase de produção determinaram como relação ideal triptofano digestível:lisina digestível o valor médio de 20%.

Carvalho (2005), também trabalharam com poedeiras Hy-line W-36, submetidas a cinco níveis de triptofano digestível nas rações (0,116; 0,136; 0,156; 0,176 e 0,196%), porém, com a idade mais avançada (44 a 55 semanas). Esse autor estimou, considerando os parâmetros produção de ovos, massa de ovos e conversão alimentar, como exigência média o nível de 0,180% de triptofano digestível na ração, correspondendo a exigência de 159 mg/ave/dia. Quando se avalia o nível de lisina digestível utilizado nas dietas, a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível obtida por esse autor foi de 23,0%.

Rostagno et al. (2005; 2011) também recomendam a relação ideal de 23,0% para poedeiras leves.

Bregendahl et al. (2008) avaliaram as respostas no desempenho de poedeiras Hy-line W-36 de 28 a 34 semanas de idade aos níveis de inclusão de triptofano digestível nas dietas e estimaram a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível em 22,3% para ótima produção de massa de ovos.

Algumas considerações podem justificar a maior relação triptofano digestível:lisina digestível obtida no presente trabalho em relação as recomendadas na literatura. A relação determinada por Coon e Zhang (1999) foi determinada pela média obtida em cinco experimentos conduzidos separadamente sob diferentes condições experimentais, rações, idades e linhagens, tornando a estimativa subjetiva. A mesma observação pode ser feita à relação recomendada pelo NRC (1994). No trabalho de Carvalho (2005) podem ser feitas observações em relação aos níveis aminoacídicos utilizados nas rações experimentais. Esse autor adotou uma relação metionina+cistina digestível:lisina digestível de 87,4% e uma relação treonina digestível:lisina digestível de 62,7%. Porém, essas relações podem estar subestimadas. Em pesquisas conduzidas na Universidade Federal de Viçosa com poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade Brumano et al. (2010) estimaram a relação ideal metionina+cistina digestível:lisina digestível em 100% e Rocha et al. (2009) estimaram a relação treonina digestível:lisina digestível em 78%. No presente trabalho, os valores atualizados por Brumano et al. (2010) e Rocha et al. (2009) foram utilizados como base para o balanceamento das dietas experimentais. Deve-se considerar, que durante a realização do experimento, mesmo que as aves ainda tenham potencial para responder aos aumentos na ração da relação triptofano digestível:lisina digestível, esse ganho de desempenho pode ser limitado se as relações entre outros aminoácidos essenciais e a lisina digestível

estiverem subestimadas. A ocorrência dessa situação em um experimento pode levar a obtenção de uma relação triptofano digestível:lisina digestível subestimada. Além disso, para estimar o nível de triptofano digestível ideal na dieta, Carvalho (2005) utilizou a média das estimativas obtidas para a produção de ovos, massa de ovos e conversão alimentar. Entretanto, esse autor observou que o consumo de ração variou significativamente entre os tratamentos e conseqüentemente o consumo de lisina também, o que pode ter comprometido a relação triptofano digestível:lisina digestível estimada. Observações também podem ser feitas em relação aos resultados obtidos por Bregendahl et al. (2008). Nesse trabalho os autores utilizaram diferentes relações entre os aminoácidos essenciais e a lisina nas dietas experimentais. Por exemplo, as relações adotadas entre treonina digestível:lisina digestível foram 60,9% na dieta 1, 57,1% nas dietas 2 e 3 e 54,0% nas dietas 4 e 5. Assim, a medida que os níveis de triptofano digestível foram aumentados nas rações experimentais as relações treonina digestível:lisina digestível foram reduzidas. Isso pode ter limitado as respostas das aves ao aumento dos níveis de triptofano digestível nas rações, subestimando a relação triptofano digestível:lisina digestível obtida. Além disso, foram utilizados níveis crescentes de lisina digestível nas rações experimentais, o que também pode tornar a estimativa da relação triptofano digestível:lisina digestível estimada subjetiva.

CONCLUSÃO

A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível recomendada em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade é de 25,2%.

BIBLIOGRAFIA

- ANTAR, R.S.; HARMS, R.H.; SHIVAZAD, M. et al. Performance of commercial laying hens when six percent corn oil is added to the diet at various ages and with different levels of tryptophan and protein. **Poultry Science**, v.83, p.447-455, 2004.
- BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B. et al. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744-758, 2008.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina+cistina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1228-1236, 2010.
- CARVALHO, D.C.O. **Biodisponibilidade de fontes de metionina e exigências de nutricionais de lisina e de triptofano para poedeiras leves, mantidas em ambiente de alta temperatura, na fase de produção**. 2005. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COON, C.; ZHANG, B. Ideal amino acid profile for layers examined. **Feedstuffs** v.71, n.14, p.13-15, 1999.
- CUPERTINO, E.S. **Exigências nutricionais de lisina, de metionina + cistina e de treonina para galinhas poedeiras no período de 54 a 70 semanas de idade**. 2006. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Guia de manejo** - Hy-line W-36, 2009-2011, 44p.
- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Evaluation of tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet. **Poultry Science**, v.79, p.740-742, 2000.
- HUSSEIN, S.M.; HARMS, R.H. Effect of amino acid deficiencies on yolk:abumen ratio in hen eggs. **Journal Applied Poultry Research**, v.3, p.362-366, 1994.
- JENSEN, L.S.; CALDERON, V.M.; MENDONCA JR., C.X. Response to tryptophan of laying hens fed practical diets varying in protein concentration. **Poultry Science**, v.69, p.1956-1965, 1990.
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; MORAIS, S.A.N. et al. Relação triptofano digestível: lisina digestível sobre a qualidade de ovos de poedeiras leves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD-ROM).
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P. et al. Digestible tryptophan: digestible lysine ratio on the performance of laying hens. In: International Poultry Scientific Forum, Atlanta, GA, USA, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.

- PEGANOVA, S. EDER, K. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.100-105, 2003.
- PEGANOVA, S.; HIRCHE, F.; EDER, K. Requirement of tryptophan in relation to the supply of large neutral amino acids in laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.815-822, 2003.
- ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de treonina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. (CD-ROM).
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2005.186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2011.251p.
- RUSSEL G.B.; HARMS, R.H. Tryptophan requirement of the commercial hen. **Poultry Science**, v.78, n.9, p.1283-1285, 1999.
- SÁ, L.M. Exigências **nutricionais de lisina, de metionina+cistina e de treonina para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade**. 2005. 79f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SHAN, A. S.; STERLING, K.G.; PESTI, G.M. et al. The influence of temperature on the threonine and tryptophan requirements of young broiler chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1154-1162, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema para análise estatística e genética – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO TRIPTOFANO DIGESTÍVEL:LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 42 A 58 SEMANAS DE IDADE

INTRODUÇÃO

O avanço genético tende a tornar as poedeiras comerciais mais produtivas e exigentes, principalmente em relação aos aspectos nutricionais. Essa situação demanda estudos permanentes de atualização das exigências nutricionais, de forma que o potencial de produção das aves possa ser otimizado. Especialmente em relação aos aminoácidos, as exigências devem ser precisamente estabelecidas, pois tanto o excesso como a falta podem causar prejuízos ao desempenho das aves.

É papel do nutricionista ajustar o aporte de nutrientes às necessidades das aves, proporcionando o seu bom desempenho e bem estar, com o menor custo possível. Assim, fontes protéicas utilizadas nas rações vêm sendo parcialmente substituídas por aminoácidos industriais. Isso permite uma nutrição mais precisa, reduzindo excessos de aminoácidos fornecidos às aves. A redução de proteína bruta das rações, aliada a suplementação com aminoácidos sintéticos, é embasada no conceito de proteína ideal. Esse conceito vem sendo amplamente estudado e utilizado na nutrição de monogástricos. Sua adoção, além de possibilitar a redução da inclusão de farelo de soja nas rações e do custo de produção, também reduz a excreção de nitrogênio para o ambiente.

A proteína ideal estabelece que os aminoácidos sejam expressos como proporções ideais em relação a lisina, aminoácido adotado como referência. Uma vez estabelecido o perfil ideal, as exigências dos aminoácidos podem ser estimadas a partir da exigência de lisina. Entretanto, ainda não existe considerável consenso sobre o perfil ideal de aminoácidos que reflita as reais necessidades das poedeiras comerciais, principalmente quando se refere a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível.

O triptofano é um aminoácido essencial para poedeiras. Além de fazer parte das proteínas corporais, é precursor da serotonina, neurotransmissor envolvido na regulação do consumo das aves, e da niacina. Assim, é importante a realização de pesquisas para determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível em dietas para poedeiras. Além disso, a maioria das pesquisas sobre exigências nutricionais de aminoácidos para poedeiras se concentra durante o pico de produção, deixando de lado a fase de pós pico de postura. No entanto, considerando que o ciclo produtivo das poedeiras comerciais normalmente vai de 17 a 80 semanas de idade, pesquisas durante esse período também são importantes.

O objetivo com este trabalho foi determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível em rações para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de maio a setembro de 2009 nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas 240 galinhas poedeiras Hy-Line W-36 com 42 semanas de idade, com peso médio inicial de 1.347 gramas. As aves foram adquiridas com 20 semanas de idade. Até entrarem em fase experimental, foram manejadas de acordo com as recomendações do manual da linhagem e alimentadas segundo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2005).

As aves foram alojadas aos pares em gaiolas de 25x40x45 cm, instaladas em um galpão com 12x8 m, fechado nas laterais com tela e com cobertura de telhas de barro em duas águas. Quando completaram 40 semanas de idade, as aves foram pesadas e distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, oito repetições e seis aves por unidade experimental. A produção de ovos das aves foi contabilizada no período de 40 a 42 semanas de idade. Antes do fornecimento das dietas experimentais foi realizada uma uniformização das aves nos tratamentos de acordo com a porcentagem de postura.

Ao completarem 42 semanas de idade, as aves foram submetidas aos tratamentos experimentais. Os tratamentos consistiram de rações isonutritivas, exceto para os níveis de triptofano digestível, que variaram em cinco níveis. Foi utilizado um nível subótimo de lisina digestível nas dietas (0,694%), para um consumo médio diário/ave de 95 g de ração e de 659 mg de lisina digestível. O nível subótimo foi importante para garantir que toda lisina digestível consumida fosse utilizada e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível estimada refletisse as reais necessidades das aves. Os níveis de triptofano digestível nas dietas foram 0,149; 0,160; 0,171; 0,182 e 0,193%, proporcionando relações triptofano digestível:lisina digestível de 21,5; 23,1; 24,6; 26,2 e 27,8 (Tabela 1). As suplementações com L-triptofano foram feitas em substituição ao L-glutâmico em equivalente protéico. Após essa substituição, o inerte (amido) foi adicionado na quantidade necessária para fechar as rações em 100%. Em todas as dietas foram mantidas as mesmas relações entre os outros aminoácidos e a lisina.

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional das dietas

Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Milho (7,8%)	61,987	61,987	61,987	61,987	61,987
Farelo de Soja (44,3%)	19,373	19,373	19,373	19,373	19,373
F. de Glúten de Milho (60%)	1,185	1,185	1,185	1,185	1,185
Óleo de Soja	4,546	4,546	4,546	4,546	4,546
Calcário	9,780	9,780	9,780	9,780	9,780
Fosfato Bicálcico	1,669	1,669	1,669	1,669	1,669
Sal	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556
Carbonato de Potássio	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151
Cloreto de Colina (60%)	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Antioxidante ¹	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Mistura Vitamínica ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura Mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Lisina HCl (79%)	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
DL-Metionina (99%)	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
L-Treonina (98%)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
L-Isoleucina (98,5%)	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
L-Valina (98,5%)	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
L-Triptofano (98%)	0,000	0,011	0,023	0,034	0,045
L-Glutâmico	0,069	0,053	0,034	0,018	-
Amido	-	0,005	0,012	0,017	0,024
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada					
Proteína Bruta (%)	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cálcio (%)	4,230	4,230	4,230	4,230	4,230
Fósforo Disponível (%)	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Potássio (%)	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615
Cloro (%)	0,373	0,373	0,373	0,373	0,373
Sódio (%)	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237
Triptofano dig. (%)	0,149	0,160	0,171	0,182	0,193
Lisina dig. (%)	0,694	0,694	0,694	0,694	0,694
Met+Cis dig. (%)	0,722	0,722	0,722	0,722	0,722
Metionina dig. (%)	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Treonina dig. (%)	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562
Isoleucina dig. (%)	0,597	0,597	0,597	0,597	0,597
Valina dig. (%)	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645

¹Butil-hidróxi-tolueno (BHT).

²Quantidade por kg de ração: vit. A - 7200 UI; vit D₃ - 1600 UI; vit. E - 5 UI; vit B₁ - 0,9 mg; vit B₂ - 2,7 mg; vit B₆ - 1,5 mg; pantotenato de cálcio - 5,9 mg; biotina - 0,02 mg; vit. K₃ - 1,1 mg; ác. Fólico - 0,25 mg; niacina - 16 mg; vit. B₁₂ - 7,2 mcg; selênio - 0,25 mg.

³Quantidade por kg de ração: manganês - 75 mg; ferro - 50 mg; zinco - 70 mg; cobre - 8 mg; iodo - 0,75 mg.

As relações mínimas entre os aminoácidos essenciais e a lisina, atendidas nas dietas, foram: metionina+cistina 104% (101% recomendado por Brumano et al. (2010) + acréscimo de 3%); treonina 81% (78% recomendado por Rocha et al. (2009) +

acrécimo de 3%); metionina 53%, valina 93% e isoleucina 86% (valores recomendados por Rostagno et al. (2005) + acréscimo de 3%). O acréscimo de 3% foi uma tentativa de prevenir a falta de algum aminoácido essencial, pois, caso alguma das relações estivesse subestimada, o desempenho das aves poderia ser limitado, comprometendo a determinação da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível. Os demais nutrientes, exceto a proteína bruta, seguiram as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2005).

As rações foram fornecidas diariamente às 8:00 e 16:00 horas. Durante todo experimento, o consumo máximo de ração foi limitado em 95 g/ave/dia. A água foi fornecida a vontade.

O programa de luz adotado foi o mesmo utilizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV que consiste do fornecimento de 17 horas de luz diárias. O controle do fornecimento de luz foi realizado por meio de um relógio digital (timer), que garantiu o acender e apagar das luzes conforme necessário.

A temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente por dois termômetros de máxima e mínima (Tabela 2). A umidade relativa no interior do galpão foi monitorada diariamente às 8:00 e 16:00 horas por um termo-higrômetro (termômetro de bulbo seco e úmido) (Tabela 3). Os termômetros foram distribuídos pelo galpão posicionados à altura das aves.

Tabela 2 - Temperaturas médias (mínima e máxima) registradas no interior do galpão durante o período experimental

Semanas	Temperaturas (°C)	
	Máxima	Mínima
42 – 45	25,4 (30,0) ¹	14,5 (9,5) ²
46 – 49	25,3 (28,5) ¹	14,3 (11,5) ²
50 – 53	27,7 (30,5) ¹	14,3 (11,0) ²
54 – 57	27,5 (33,5) ¹	16,1 (10,5) ²
Média	26,5	14,8

¹ Maior temperatura registrada no período

² Menor temperatura registrada no período

Tabela 3 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o período experimental

Semanas	Umidade relativa (%)	
	8:00 horas	16:00 horas
42 – 45	88,8	73,4
46 – 49	90,9	73,2
50 – 53	90,6	65,7
54 – 57	88,9	68,0
Média	89,8	70,1

O experimento teve duração de 16 semanas, sendo os seguintes parâmetros avaliados:

- Consumo alimentar: foi realizado o cálculo da quantidade de ração consumida em cada unidade experimental. O consumo alimentar por ave foi determinado pela divisão da quantidade de ração, triptofano digestível e lisina digestível consumida pelo número de aves nas unidades experimentais. O consumo de ração foi expresso em gramas/ave/dia e o de triptofano e lisina digestíveis em mg/ave/dia;

- Produção de ovos: foi realizada uma coleta diária às 16:00 horas e a porcentagem de postura calculada de acordo com o número de aves nas unidades experimentais;

- Peso dos ovos: foram utilizados os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada período de 28 dias. A média do peso dos ovos, expressa em gramas, foi obtida pela divisão do peso total dos ovos pelo número de ovos coletados;

- Massa de ovos: foi obtida multiplicando o peso médio dos ovos pelo número de ovos produzidos no período, dividido pelo número de aves nas unidades experimentais, sendo expressa em g/ave/dia;

- Conversão alimentar: foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dz) e pela produção em massa de ovos (kg/kg);

- Eficiência de utilização de lisina digestível: foi calculada pela divisão da produção de massa de ovos pelo consumo de lisina digestível (g/g) e pela divisão do número de ovos produzidos pelo consumo de lisina digestível (nº ovos/g);

- Porcentagem dos componentes dos ovos: foram utilizados dois ovos por dia de cada unidade experimental, coletados durante os três últimos dias de cada período de 28 dias. Após pesados os ovos foram quebrados para a separação da gema e albúmen. Para

realizar essa separação foi utilizado um separador de gemas convencional. As gemas foram pesadas e as cascas lavadas e pesadas depois de secas ao ar. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso total dos ovos e o peso das gemas mais o peso das cascas. O peso da gema, albúmen e casca foram determinados em porcentagem em relação ao peso total do ovo.

- Ganho de peso: as aves de cada unidade experimental foram pesadas no início e final do experimento e o ganho de peso médio obtido pela diferença entre as duas pesagens;

- Balanço de nitrogênio: durante 15ª semana do experimento, as aves de três repetições por tratamento foram submetidas a quatro dias de coleta total de excretas. Para isso, as gaiolas foram providas com bandejas metálicas cobertas com plástico. A coleta de excretas foi realizada às 8:00h e 17:00 horas. Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador. Ao final do período de coletas as excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Uma amostra representativa foi retirada e levada a estufa de ventilação forçada, a temperatura de 60° C, durante 72 horas, para a pré-secagem. Durante o período de coleta foi contabilizada a quantidade de ração consumida por unidade experimental. As análises de matéria seca e nitrogênio das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, segundo os métodos descritos por Silva e Queiroz (2002). O balanço de nitrogênio foi obtido pela diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio pelas aves.

A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível foi estimada por meio das variáveis estudadas, utilizando análise de variância e análise de regressão polinomial conforme ajustamento dos dados. Foi calculado 95% da quadrática para as variáveis que apresentaram efeito quadrático significativo. As análises foram realizadas no programa Sistema para Análises Estatísticas – UFV (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de ração das aves não foi influenciado pelos níveis de triptofano digestível nas dietas (Tabela 4). Em geral a literatura relata que aves recebendo menores níveis de triptofano na dieta apresentam diminuição do consumo de ração (Jensen et al., 1990; Russell e Harms, 1999; Harms e Russell, 2000; Peganova et al., 2003; Peganova e Eder, 2003; Carvalho, 2005). Isso ocorre porque o triptofano é precursor da serotonina, neurotransmissor que está envolvido na regulação do consumo em aves. No presente trabalho, as aves recebendo o menor nível de triptofano na dieta consumiram 133 mg/dia de triptofano digestível. Aparentemente, essa ingestão de triptofano não foi baixa o suficiente para suprimir o consumo de ração. Ohtani et al. (1989) avaliando o desempenho de poedeiras leves e semipesadas, submetidas a três níveis de triptofano na dieta (0,150; 0,175 e 0,200%), também não observaram diferença no consumo de ração. Em trabalho mais recente, Deponti et al. (2007) também não observaram redução no consumo de ração de poedeiras leves e inferiram que a ingestão de 137 mg/ave/dia não foi baixa o suficiente a ponto de influenciar o consumo.

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	CR (g/ave/dia)	CTrp dig. (mg/ave/dia)	CLis dig. (mg/ave/dia)
0,149	21,5	89,78	133,8	623,1
0,160	23,1	88,48	141,6	614,0
0,171	24,6	90,34	154,5	626,9
0,182	26,2	87,69	159,6	608,6
0,193	27,8	87,50	168,9	607,3
Efeito	-	NS	L***	NS
CV (%)	-	3,16	3,26	3,16

L = efeito linear; ***(P<0,001); NS = não significativo.

O consumo de ração foi em média 88,76 g/ave/dia, valor abaixo do consumo esperado de 95 g/ave/dia. Isso influenciou o consumo de triptofano digestível e lisina

digestível que também ficou reduzido e abaixo do esperado. Principalmente durante o quarto período experimental as aves foram submetidas a temperaturas máximas que chegaram a 33,5 °C. Essa situação compromete a capacidade das aves em perder calor corporal para o ambiente, especialmente nas horas mais quentes do dia. Diante disso, a adaptação das aves envolve redução da ingestão de alimento diminuindo assim o incremento calórico gerado nos processos de digestão, absorção e metabolismo. Carvalho (2005) também verificou que poedeiras leves de 44 a 55 semanas de idade, submetidas a dietas variando no nível de triptofano digestível e a uma temperatura máxima média de 30° C com temperaturas máximas chegando a atingir 33° C tiveram consumo médio de ração de 85,7 g/ave/dia.

O consumo de triptofano digestível pelas aves aumentou de forma linear em resposta ao incremento do nível de triptofano digestível nas rações ($\hat{y} = 14,4988 + 802,114x$, $R^2 = 0,99$). De forma coerente ao resultado para o consumo de ração, o consumo de lisina digestível das aves não foi influenciado pelos níveis de triptofano digestível nas rações.

Houve efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a produção de ovos das aves ($\hat{y} = -65,2989 + 1708,48x - 4970,57x^2$, $R^2 = 0,83$) (Tabela 5; Figura 1). O nível ideal de triptofano digestível estimado foi de 0,172%, que correspondeu ao consumo de 153 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 24,8%. Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática obtém-se a relação de 23,6%. Outros autores também observaram efeito dos níveis de triptofano nas dietas sobre a produção de ovos de poedeiras leves após o pico de produção (Ohtani et al., 1989; Narváez et al., 1997; Russell & Harms, 1999; Deponti et al., 2007). Narváez et al. (1997) avaliaram a exigência de triptofano para poedeiras com 46 a 62 semanas de idade e concluíram que para o melhor desempenho são necessários 195 mg/ave/dia de triptofano para as linhagens leves. Russell e Harms (1999) constataram que níveis de triptofano menor ou igual a 0,130% promoveram redução na produção de ovos de poedeiras leves. Deponti et al. (2007) concluíram que poedeiras leves necessitam ingerir uma quantidade mínima de 165,1 mg/ave/dia de triptofano para manter uma adequada produção de ovos e massa de ovos. Especificamente para a variável produção de ovos, a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível estimada no presente trabalho foi próxima a relação de 23,98% estimada, com base no mesmo parâmetro, por Lima et al. (2011).

Tabela 5 - Produção de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	Postura (%)
0,149	21,5	79,11
0,160	23,1	80,18
0,171	24,6	82,22
0,182	26,2	80,67
0,193	27,8	79,33
Efeito	-	Q*
CV (%)	-	3,67

Q = efeito quadrático; *(P<0,05).

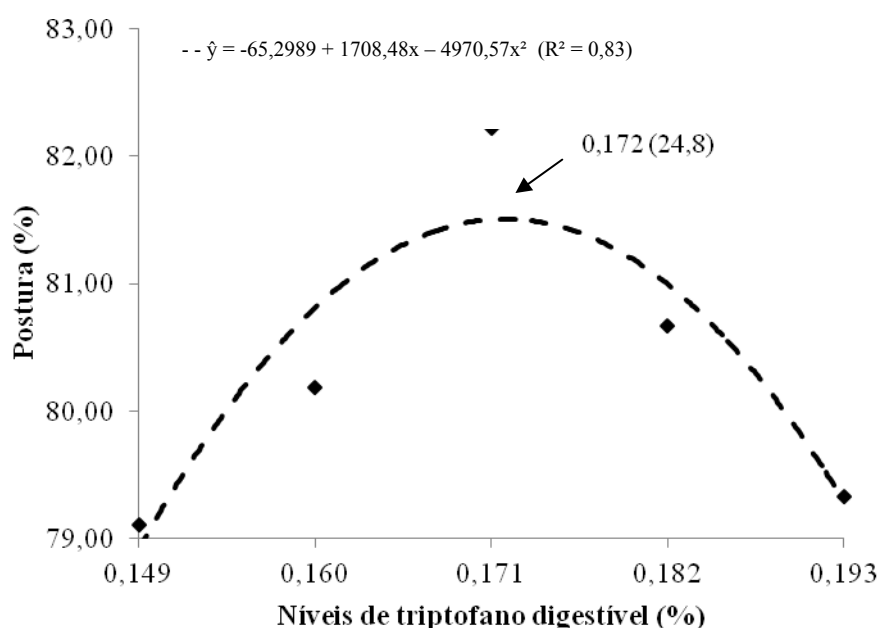


Figura 1 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a produção de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

O valor médio geral de porcentagem de postura foi 80,3%, valor abaixo do esperado de acordo com o manual da linhagem que indica uma produção variando de 88% para 42 semanas de idade, até 81% para 58 semanas de idade, em condições normais de criação. Provavelmente essa menor produção ocorreu devido ao nível subótimo de lisina digestível utilizado nas dietas experimentais. Em média as aves

consumiram 616 mg/dia de lisina digestível, valor abaixo das 796 mg/dia recomendadas por Rostagno et al. (2011) para poedeiras leves de 1,500 kg e das 710 mg/dia recomendadas pelo manual de criação da Hy-line W-36 para poedeiras leves de 45 a 58 semanas de idade. Entretanto, deve-se considerar que em experimentos para estimar a relação ideal entre aminoácidos essenciais e a lisina, o nível subótimo de lisina digestível nas dietas experimentais é importante para garantir que toda lisina consumida pelas aves seja realmente utilizada e a relação estimada reflita a real necessidade das aves. Um nível de lisina digestível nas dietas além da capacidade de utilização pelas aves poderia gerar uma relação triptofano digestível:lisina digestível subestimada. Como o objetivo com a pesquisa foi determinar a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível e não a exigência absoluta de triptofano digestível em mg/ave/dia, essa menor produção de ovos não influenciou a confiabilidade das estimativas. Com o uso da relação ideal triptofano digestível:lisina digestível estimada de forma precisa, com a utilização do nível ideal de lisina digestível na dieta e com o balanceamento dos aminoácidos essenciais de acordo com o perfil ideal exigido pelas aves, espera-se que elas atinjam o desempenho produtivo ótimo.

Não foi observado efeito significativo dos níveis de triptofano digestível sobre o peso médio dos ovos, o que está de acordo com os resultados na literatura (Narváez et al., 1997; Russell e Harms, 1999; Carvalho, 2005; Deponti et al., 2007) (Tabela 6). De acordo com esse resultado, o consumo de 134 mg/ave/dia de triptofano digestível ou a relação triptofano digestível:lisina digestível de 21,5% é suficiente para atender esse parâmetro. Deponti et al. (2007) observaram resultado semelhante, sendo que o consumo de 137 mg/ave/dia de triptofano foi suficiente para manter o peso dos ovos de poedeiras leves. Carvalho (2005) constatou que nem o consumo deficiente de 94 mg/ave/dia de triptofano digestível afetou o peso médio dos ovos de poedeiras leves. Contudo, Hussein e Harms (1994) observaram que poedeiras recebendo dietas com 0,127% de triptofano produziram ovos mais leves em comparação as que receberam dietas com 0,180%.

Tabela 6 - Peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	PO (g)	MO (g/ave/dia)
0,149	21,5	59,82	47,30
0,160	23,1	59,64	47,81
0,171	24,6	60,72	49,92
0,182	26,2	60,10	48,50
0,193	27,8	60,12	47,69
Efeito	-	NS	Q*
CV (%)	-	2,37	4,01

Q = efeito quadrático; *(P<0,05); NS = não significativo.

Os níveis de triptofano digestível nas rações influenciaram a produção de massa de ovos das aves que respondeu de forma quadrática ($\hat{y} = -59,4736 + 1256,85x - 3636,07x^2$, $R^2 = 0,69$). O nível ideal de triptofano estimado foi 0,173%, que equivaleu ao consumo de 154 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 24,9% (Figura 2). Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática obtém-se a relação de 23,7%. A produção de massa de ovos é diretamente influenciada pela produção e peso médio dos ovos. Assim, a massa de ovos produzida refletiu o efeito observado sobre a produção de ovos. Carvalho (2005) também observou efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível sobre a massa de ovos de poedeiras após o pico de produção e estimaram exigência de 163 mg/ave/dia de triptofano digestível para esse parâmetro. Russell e Harms (1999) constataram que níveis de triptofano menor ou igual a 0,130% promoveram redução na massa de ovos produzida por poedeiras leves de 55 a 59 semanas de idade.

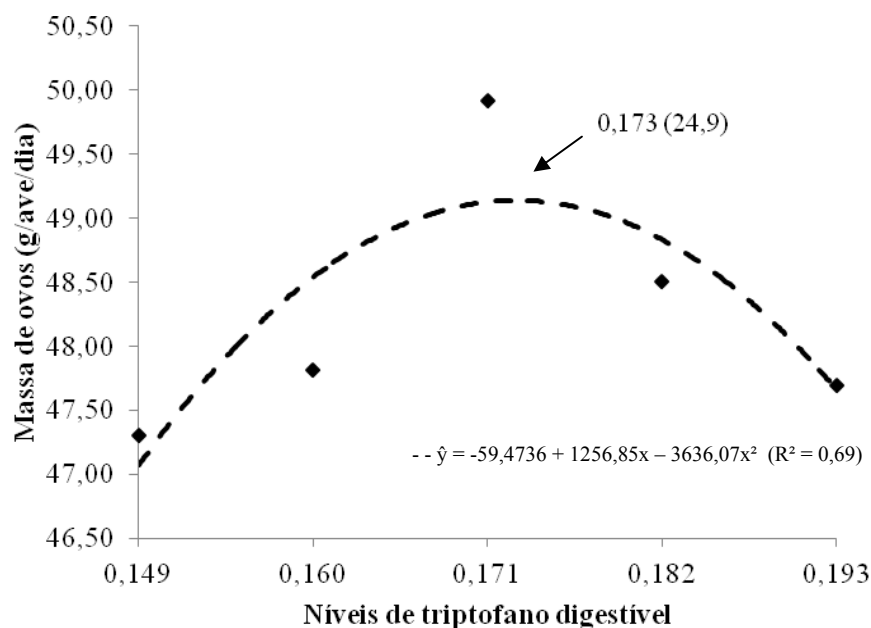


Figura 2 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

Foi constatado efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos que variou de forma quadrática ($\hat{y} = 5,27012 - 38,8608x + 109,095x^2$, $R^2 = 0,99$) (Tabela 7; Figura 3). Foi obtido 0,178% como nível ótimo, que correspondeu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,6%. Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática obtém-se a relação de 24,3%. Em relação a conversão alimentar por dúzia de ovos não foi observado efeito significativo dos níveis de triptofano digestível nas rações. Ohtani et al. (1989) verificaram que a conversão alimentar de aves alimentadas com ração contendo 0,15% de triptofano piorou em relação à daquelas alimentadas com ração contendo 0,20% de triptofano. Carvalho (2005), de forma semelhante ao observado no presente trabalho, também observou efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos, e estimaram que para maximizar esse parâmetro é necessário consumo de 156 mg/ave/dia de triptofano digestível. Porém, Deponti et al. (2007) constataram que a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves não diferiu entre as aves alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano.

Tabela 7 - Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	CAMO (g/g)	CADZ (kg/dúzia)
0,149	21,5	1,899	1,363
0,160	23,1	1,852	1,323
0,171	24,6	1,811	1,319
0,182	26,2	1,810	1,305
0,193	27,8	1,835	1,324
Efeito	-	Q*	NS
CV (%)	-	2,90	3,44

Q = efeito quadrático; *(P<0,05); NS = não significativo.

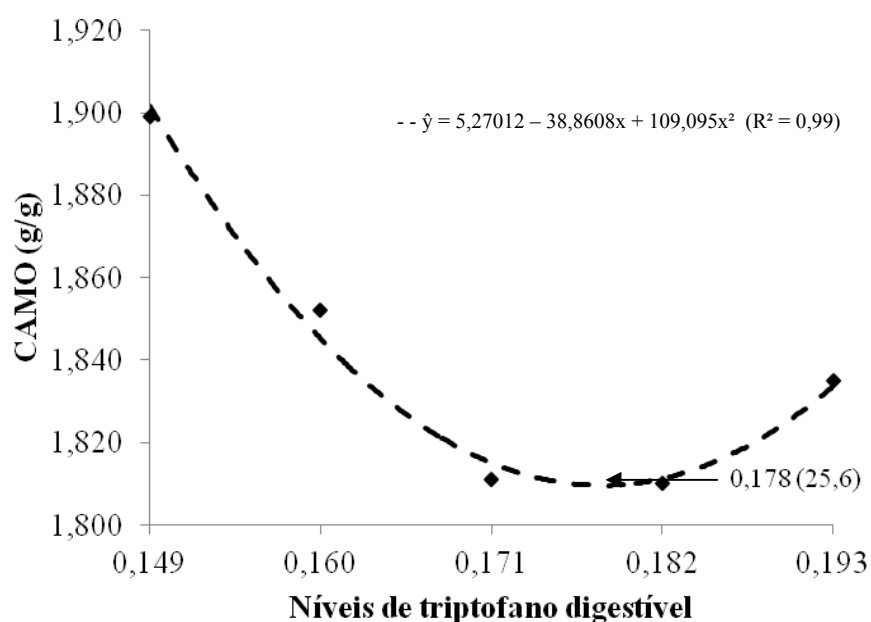


Figura 3 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

De forma coerente com os resultados para conversão alimentar para massa de ovos, foi observado efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a eficiência de utilização de lisina para produção de massa de ovos ($\hat{y} = -66,2612$

+ 1640,62x – 4611,18x², R² = 0,98) (Tabela 8; Figura 4). Dessa forma, foi estimado 0,178% como nível ótimo de triptofano digestível, que correspondeu ao consumo de 158 mg/ave/dia de triptofano digestível e a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 25,6%. Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática obtém-se a relação de 24,3%. A eficiência de utilização da lisina para o número de ovos produzidos não respondeu aos níveis de triptofano digestível nas rações.

Tabela 8 - Eficiência de utilização de lisina por massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina por produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	EULMO (g/g)	EULP (nº ovos/g)
0,149	21,5	75,952	1,271
0,160	23,1	77,860	1,308
0,171	24,6	79,651	1,313
0,182	26,2	79,657	1,327
0,193	27,8	78,552	1,307
Efeito	-	Q*	NS
CV (%)	-	2,89	3,39

Q = efeito quadrático; *(P<0,05); NS = não significativo.

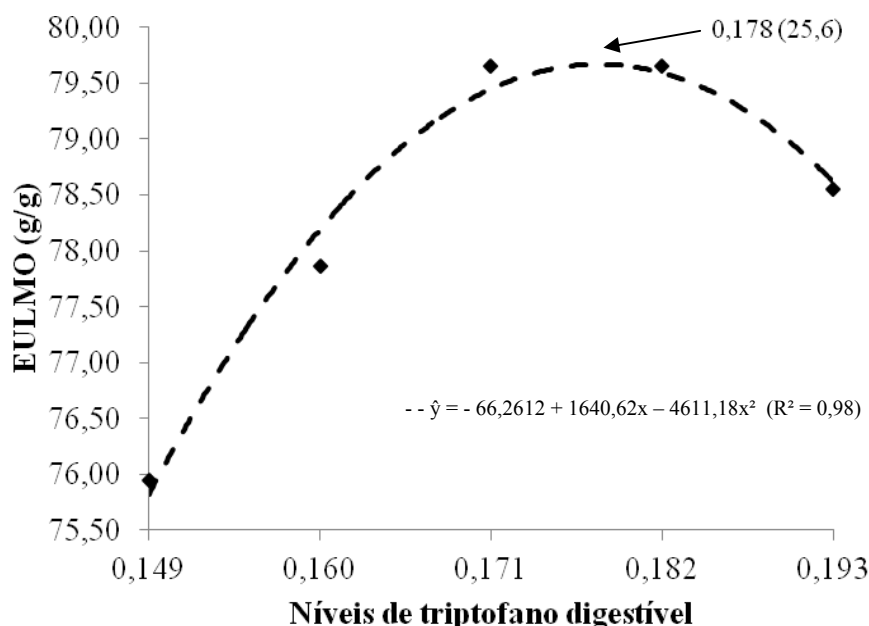


Figura 4 – Efeito dos níveis de triptofano digestível nas rações sobre a eficiência de utilização de lisina por massa de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

A eficiência de utilização de lisina para produção de massa de ovos pode ser importante para isolar o efeito do triptofano digestível sobre o desempenho das aves quando ocorre variação significativa no consumo de ração. O melhor nível de triptofano digestível estudado é aquele em que ocorre a maior produção de massa de ovos para cada grama de lisina digestível ingerida pelas aves. Assim, o nível de triptofano que maximiza a produção de massa de ovos por grama de lisina digestível ingerida é o que estabelece a relação triptofano digestível:lisina digestível na dieta melhor ajustada, ou seja, ideal.

Não foi observado efeito significativo dos níveis de triptofano nas rações sobre a porcentagem de gema, de albúmen e de casca (Tabela 9). Pode-se afirmar, com base nesses parâmetros, que a qualidade dos ovos de poedeiras de 42 a 58 semanas de idade não foi influenciada pela ingestão de triptofano digestível em níveis de 133,8 a 168,9 mg/ave/dia e que a relação de triptofano digestível:lisina digestível de 21,5% foi suficiente para manter a qualidade dos ovos. Deponti et al. (2007) também concluíram que a unidade Haugh, as porcentagens de gema e de albúmen e o teor de sólidos totais (%) da gema e do albúmen dos ovos de poedeiras leves não é influenciada pela ingestão de triptofano em níveis de 137,1 a 228,0 mg/ave/dia. Hussein e Harms (1994)

observaram que a redução do nível de triptofano da dieta de 0,180% para 0,127% promoveu redução no peso do albúmen e da casca e levou a aumento na relação gema:albúmen dos ovos de poedeiras leves. Lima et al. (2010) avaliaram relações ideais de triptofano digestível:lisina digestível na dieta de poedeiras leves sobre a qualidade dos ovos, porém, com aves de 29 a 45 semanas de idade. Esses autores observaram efeito quadrático sobre o peso do albúmen, casca, gema e as percentagens de casca e gema dos ovos, porém a gravidade específica e a porcentagem de albúmen não foram influenciadas. Segundo os autores, para uma melhor qualidade de ovos de poedeiras leves, recomenda-se relação triptofano digestível:lisina digestível na dieta de 24,2%.

Tabela 9 - Porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	G (%)	A (%)	C (%)
0,149	21,5	26,25	64,38	9,37
0,160	23,1	26,23	64,45	9,31
0,171	24,6	26,27	64,24	9,49
0,182	26,2	25,91	64,81	9,29
0,193	27,8	26,19	64,42	9,39
Efeito	-	NS	NS	NS
CV (%)	-	3,19	1,28	3,36

NS = não significativo.

Não foi constatado efeito significativo dos níveis de triptofano digestível nas dietas sobre o ganho de peso das aves e sobre o balanço de nitrogênio (Tabela 10). Entretanto, outros autores observaram efeito dos níveis de triptofano sobre o ganho de peso das aves (Russell e Harms, 1999; Carvalho, 2005). Russell e Harms (1999) observaram que aves recebendo níveis de 0,11 e 0,13% de triptofano nas dietas, durante 55 a 59 semanas de idade, apresentaram perda de peso de 184 e 22 g, respectivamente, enquanto as que receberam 0,15% apresentaram ganho de 76 g. Carvalho (2005) constatou que poedeiras leves que receberam ração com menor nível de triptofano digestível (0,116%), obtiveram perda de peso cinco vezes maior do que as poedeiras que receberam o maior nível (0,196%). Porém, o autor também concluiu que a

deficiência de triptofano influenciou o consumo de ração e, por conseguinte, também o ganho de peso das aves.

Tabela 10 - Ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de triptofano digestível

Tratamentos (% trp dig.)	Relação (%)	GP (g/ave)	BN (g/ave)
0,149	21,5	66,14	3,808
0,160	23,1	44,80	3,583
0,171	24,6	69,44	3,774
0,182	26,2	60,58	4,157
0,193	27,8	36,90	3,801
Efeito	-	NS	NS
CV (%)	-	84,92	9,60

NS = não significativo.

Vários são os parâmetros de importância econômica que podem ser utilizados para se recomendar a relação ideal entre um aminoácido essencial e a lisina. No presente trabalho, alguns desses parâmetros como produção de ovos, massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos e eficiência de utilização de lisina por massa de ovos responderam de forma significativa aos níveis de triptofano digestível nas dietas. A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível estimada, considerando as variáveis estudadas, variou de 23,6 a 24,3%. Considerando a conversão alimentar por massa de ovos, a relação ideal de triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade foi estimada em 24,3%.

Em geral, a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível de 24,3%, estimada no presente trabalho, foi maior que as relações recomendadas na literatura, exceto quando comparada aos dados obtidos por Lima et al. (2011) que estimaram a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível, com base na conversão alimentar por dúzia de ovos, em 25,25%. Entretanto, esses autores avaliaram o desempenho de poedeiras leves de 29 a 45 semanas de idade.

O NRC (1994) preconiza consumo de 160 mg/ave/dia de triptofano e a relação ideal triptofano:lisina de 23%.

Carvalho (2005) trabalhando com poedeiras Hy-line W-36 de 44 a 55 semanas de idade submetidas a cinco níveis de triptofano digestível nas dietas (0,116; 0,136; 0,156; 0,176 e 0,196), considerando a produção de ovos, massa de ovos e conversão alimentar, estimaram como exigência média o nível de 0,180% de triptofano digestível na ração. Esse nível correspondeu a exigência de 159 mg/ave/dia. Quando se avalia o nível de lisina digestível utilizado nas dietas das aves por esse autor, a relação ideal triptofano digestível:lisina digestível obtida foi de 23,0%.

Rostagno et al. (2005; 2011) também recomendam a relação ideal de 23,0% para poedeiras leves.

Bregendahl et al. (2008) avaliaram as respostas no desempenho de poedeiras leves Hy-line W-36 aos níveis de triptofano digestível nas dietas variando de 0,9 a 0,25%, porém, em aves de 28 a 34 semanas de idade. Os autores estimaram relação ideal de triptofano digestível:lisina digestível em 22,3%, para uma ótima produção de massa de ovos.

Deponti et al. (2007) estudaram cinco níveis de triptofano (0,13; 0,15; 0,17; 0,19 e 0,21%) na dieta de poedeiras Hisex White de 53 a 58 semanas de idade e concluíram que, dependendo da característica avaliada (produção ou massa de ovos) e do modelo de regressão aplicado na análise dos dados (quadrático, exponencial ou segmentada), as exigências de triptofano para poedeiras leves se encontram na faixa de 161 a 188 mg/ave/dia. Considerando o consumo médio de ração observado de 110,4 g/ave/dia e o nível de lisina de 0,840% adotado pelos autores nas dietas experimentais, esses valores corresponderam a relações ideais triptofano:lisina na faixa de 17,4 a 20,3%.

Algumas considerações podem justificar a maior relação triptofano digestível:lisina digestível obtida no presente trabalho em relação as recomendadas na literatura. A recomendação feita pelo NRC (1994) foi obtida de vários experimentos realizados em diferentes condições experimentais, dietas, idades e linhagens, tornando a estimativa subjetiva. Em relação ao trabalho de Deponti et al. (2007) podem ser feitas observações em relação aos níveis aminoacídicos utilizados nas dietas experimentais. Esses autores adotaram relação metionina+cistina:lisina de 81,0%. Porém, essa relação pode estar subestimada. Em pesquisa conduzida na Universidade Federal de Viçosa com poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, Brumano et al. (2010) estimaram em 101% a relação ideal metionina+cistina digestível:lisina digestível. No presente trabalho, a relação atualizada por Brumano et al. (2010) foi utilizada como base para o balanceamento das dietas experimentais. Deve-se considerar, que durante a realização

do experimento, mesmo que as aves ainda tenham potencial para responder aos aumentos na dieta da relação triptofano digestível:lisina digestível, esse ganho de desempenho pode ser limitado se as relações entre outros aminoácidos essenciais e a lisina estiverem subestimadas. A ocorrência dessa situação em um experimento pode levar a obtenção de uma relação triptofano digestível:lisina digestível subestimada. Observação semelhante pode ser feita ao trabalho de Carvalho (2005) que utilizou relações metionina+cistina digestível:lisina digestível e treonina digestível:lisina digestível abaixo das determinadas por Brumano et al. (2010) e Rocha et al. (2009), respectivamente. Além disso, para estimar o nível de triptofano digestível ideal na dieta, Carvalho (2005) utilizou a média das estimativas obtidas para a produção de ovos, massa de ovos e conversão alimentar. Entretanto, o consumo de ração variou significativamente entre os tratamentos e conseqüentemente o consumo de lisina também, o que pode ter comprometido a relação triptofano digestível:lisina digestível estimada. No trabalho de Bregendahl et al. (2008) foram utilizadas diferentes relações ideais entre os aminoácidos essenciais e a lisina nas dietas experimentais. Por exemplo, as relações adotadas entre treonina digestível:lisina digestível foram 60,9% na dieta 1, 57,1% nas dietas 2 e 3 e 54,0% nas dietas 4 e 5. Assim, a medida que os níveis de triptofano digestível foram aumentados nas dietas experimentais as relações treonina digestível:lisina digestível foram reduzidas. Isso pode limitar as respostas das aves ao aumento dos níveis de triptofano digestível nas dietas, subestimando a relação triptofano digestível:lisina digestível obtida. Além disso, foram utilizados níveis crescentes de lisina digestível nas dietas experimentais, o que também pode tornar a estimativa da relação triptofano digestível:lisina digestível encontrada subjetiva.

CONCLUSÃO

A relação ideal triptofano digestível:lisina digestível recomendada em rações para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade é de 24,3%.

BIBLIOGRAFIA

- BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S.A.; KERR, B. et al. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. **Poultry Science**, v.87, p.744–758, 2008.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1984-1992, 2010.
- CARVALHO, D.C.O. **Biodisponibilidade de fontes de metionina e exigências de nutricionais de lisina e de triptofano para poedeiras leves, mantidas em ambiente de alta temperatura, na fase de produção**. 2005. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DEPONTI, B.J.; FARIA, D.E.; FARIA FILHO, D.E. Exigências de triptofano e padrão de recuperação do desempenho de poedeiras comerciais após alimentação com rações deficientes em triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1324-1330, 2007.
- Guia de manejo** - Hy-line W-36, 2009-2011, 44p.
- HARMS, R.H.; RUSSELL, G.B. Evaluation of tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet. **Poultry Science**, v.79, p.740–742, 2000.
- HUSSEIN, S.M.; HARMS, R.H. Effect of amino acid deficiencies on yolk:abumen ratio in hen eggs. **Journal Applied Poultry Research**, v.3, p.362-366, 1994.
- JENSEN, L.S.; CALDERON, V.M.; MENDONCA JR., C.X. Response to tryptophan of laying hens fed practical diets varying in protein concentration. **Poultry Science**, v.69, p.1956–1965, 1990.
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; MORAIS, S.A.N. et al. Relação triptofano digestível: lisina digestível sobre a qualidade de ovos de poedeiras leves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD-ROM).
- LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P. et al. Digestible tryptophan: digestible lysine ratio on the performance of laying hens. In: International Poultry Scientific Forum, Atlanta, GA, USA, 2011.
- NARVÁEZ, W.V.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Exigências nutricionais em triptofano para galinhas poedeiras leves e semipesadas. In: XXXIV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.36-37.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.

- OHTANI, H.; SAITOH, S.; OHKAWARA, H. et al. Research note: Production performance of laying hens fed L-tryptophan. **Poultry Science**, v.68, p.323–326, 1989.
- PEGANOVA, S. EDER, K. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.100-105, 2003.
- PEGANOVA, S.; HIRCHE, F.; EDER, K. Requirement of tryptophan in relation to the supply of large neutral amino acids in laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.815-822, 2003.
- ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de treonina digestível em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. (CD-ROM).
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2005.186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2011.251p.
- RUSSEL G.B.; HARMS, R.H. Tryptophan requirement of the commercial hen. **Poultry Science**, v.78, n.9, p.1283-1285, 1999.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema para análise estatística e genética – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007.

APÊNDICE

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Estimativa das relações triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade pelo modelo linear

Variáveis	Equação de regressão	Nível	Relação	R ²	SQD
Consumo de ração	$\hat{y} = 62,9656 + 78,1270x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,88	0,9805
Consumo de triptofano	$\hat{y} = -24,2722 + 906,159x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	1,00	2,3584
Consumo de lisina	$\hat{Y} = 459,649 + 570,326x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,88	52,2501
Produção de ovos	$\hat{y} = 53,7420 + 130,373x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,94	1,2709
Massa de ovos	$\hat{y} = 28,5072 + 75,3471x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,84	1,3218
CAMO	$\hat{y} = 2,09798 - 1,47147x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,77	0,0008
EULMO	$\hat{y} = 63,9832 + 60,1799x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,78	1,2388
Ganho de peso	$\hat{y} = -114,922 + 942,965x$	$\geq 0,201$	$\geq 27,5$	0,72	428,457

CAMO = conversão alimentar por massa de ovos; EULMO = eficiência de utilização de lisina para massa de ovos.

Tabela 2 – Estimativa das relações triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade pelo modelo quadrático

Variáveis	Equação de regressão	Nível	Relação	R ²	SQD
Peso dos ovos	$\hat{y} = -11,2032 + 732,871x - 2029,24x^2$	0,181	24,8	0,47	0,9937

Tabela 3 – Estimativa das relações triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade pelo modelo LRP

Variáveis	Equação de regressão	Nível	Relação	R ²	SQD
Consumo de ração	$\hat{y} = 55,6002 + 122,396x$	0,184	25,2	0,98	0,0881
Consumo de triptofano	$\hat{y} = -30,6314 + 944,011x$	0,199	27,3	1,00	0,6248
Consumo de lisina	$\hat{y} = 405,882 + 893,488x$	0,184	25,2	0,98	4,6943
Produção de ovos	$\hat{y} = 53,6932 + 130,663x$	0,201	27,5	0,89	1,2708
Massa de ovos	$\hat{y} = 23,5750 + 104,705x$	0,186	25,5	0,96	0,2789
CAMO	$\hat{y} = 2,21171 - 2,14845x$	0,184	25,2	0,93	0,0002
EULMO	$\hat{y} = 59,5017 + 86,8559x$	0,184	25,2	0,92	0,3778
Ganho de peso	$\hat{y} = -203,613 + 1470,89x$	0,181	24,8	0,93	91,228

CAMO = conversão alimentar por massa de ovos; EULMO = eficiência de utilização de lisina para massa de ovos.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	CR		CTrp dig.		CLis dig.	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	16.732	ns	1991.837	0.0000	891.660	ns
Linear	1	59.085	0.0109	7948.479	0.0000	3148.637	0.0109
Quadrático	1	5.822	ns	11.85414	ns	310.259	ns
Resíduo	35	8.168		27.69920		435.252	
CV (%)		3,71		3,82		3,71	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da produção de ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Postura	
		QM	Signif.
Tratamentos	4	43.675	0.0006
Linear	1	164.531	0.0001
Quadrático	1	0.309	ns
Resíduo	35	6.822	
CV (%)		3,39	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	PO		MO	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	3.775	0.0399	16.382	0.0040
Linear	1	0.397	ns	54.955	0.0004
Quadrático	1	6.752	0.0313	5.414	ns
Resíduo	35	1.341		3.507	
CV (%)		2,13		4,46	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	CAMO		CADZ	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	0.007	ns	0.001	ns
Linear	1	0.021	0.0235	0.002	ns
Quadrático	1	0.002	ns	0.0004	ns
Resíduo	35	0.004		0.001	
CV (%)		3,33		3,09	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da eficiência de utilização de lisina por massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina por produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	EULMO		EULP	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	11.242	ns	0.001	ns
Linear	1	35.057	0.0215	0.004	ns
Quadrático	1	2.835	ns	0.0006	ns
Resíduo	35	6.055		0.002	
CV (%)		3,29		3,06	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	G		A		C	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	0.151	ns	0.413	ns	0.193	ns
Linear	1	0.301	ns	0.602	ns	0.052	ns
Quadrático	1	0.066	ns	0.540	ns	0.229	ns
Resíduo	35	0.579		0.590		0.165	
CV (%)		3,05		1,17		4,31	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	GP		BN	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	3008.738	ns	0.166	ns
Linear	1	8607.298	0.0596	0.275	ns
Quadrático	1	1318.531	ns	0.027	ns
Resíduo	35	2270.949		0.124	
CV (%)		88,46		10,30	

ns = não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F.

Tabela 11 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o primeiro período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

1º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
21/jan	29,0	22,0	29,0	22,0
22/jan	29,0	22,0	29,0	21,0
23/jan	26,0	20,0	26,0	21,0
24/jan	26,0	20,0	26,0	20,0
25/jan	28,0	21,0	28,0	21,0
26/jan	28,0	21,0	28,0	22,0
27/jan	28,0	21,0	28,0	21,0
28/jan	28,0	21,0	28,0	22,0
29/jan	31,0	22,0	30,0	21,0
30/jan	31,0	21,0	31,0	21,0
31/jan	33,0	21,0	33,0	21,0
01/fev	34,0	21,0	34,0	21,0
02/fev	32,0	21,0	31,0	21,0
03/fev	30,0	21,0	30,0	21,0
04/fev	31,0	21,0	31,0	21,0
05/fev	31,0	20,0	31,0	20,0
06/fev	33,0	19,0	33,0	19,0
07/fev	32,0	19,0	33,0	19,0
08/fev	31,0	24,0	30,0	23,0
09/fev	32,0	20,0	32,0	21,0
10/fev	31,0	22,0	31,0	22,0
11/fev	31,0	21,0	31,0	22,0
12/fev	31,0	22,0	31,0	21,0
13/fev	29,0	21,0	29,0	21,0
14/fev	23,0	19,0	23,0	18,0
15/fev	29,0	20,0	29,0	20,0
16/fev	31,0	18,0	31,0	18,0
17/fev	31,0	21,0	30,0	21,0

Tabela 12 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o segundo período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

2º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
18/fev	31,0	22,0	31,0	21,0
19/fev	30,0	20,0	30,0	20,0
20/fev	31,0	22,0	32,0	21,0
21/fev	31,0	19,0	32,0	19,0
22/fev	33,0	20,0	33,0	21,0
23/fev	31,0	20,0	31,0	20,0
24/fev	31,0	20,0	30,0	20,0
25/fev	33,0	20,0	33,0	20,0
26/fev	32,0	21,0	32,0	21,0
27/fev	32,0	21,0	32,0	21,0
28/fev	33,0	21,0	33,0	21,0
01/mar	33,0	19,0	33,0	20,0
02/mar	34,0	19,0	34,0	19,0
03/mar	35,0	20,0	35,0	20,0
04/mar	35,0	21,0	35,0	21,0
05/mar	34,0	22,0	34,0	22,0
06/mar	35,0	21,0	35,0	21,0
07/mar	35,0	21,0	35,0	21,0
08/mar	29,0	20,0	29,0	20,0
09/mar	31,0	21,0	31,0	21,0
10/mar	31,0	20,0	31,0	21,0
11/mar	31,0	19,0	31,0	19,0
12/mar	32,0	19,0	32,0	18,0
13/mar	32,0	19,0	32,0	19,0
14/mar	32,0	21,0	32,0	21,0
15/mar	31,0	22,0	30,0	22,0
16/mar	29,0	22,0	30,0	22,0
17/mar	29,0	22,0	30,0	21,0

Tabela 13 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o terceiro período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

3º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
18/mar	30,0	22,0	30,0	21,0
19/mar	30,0	21,0	29,0	21,0
20/mar	31,0	19,0	31,0	18,0
21/mar	32,0	19,0	32,0	19,0
22/mar	31,0	22,0	31,0	21,0
23/mar	29,0	22,0	29,0	21,0
24/mar	27,0	22,0	27,0	21,0
25/mar	27,0	21,0	26,0	22,0
26/mar	27,0	19,0	26,0	20,0
27/mar	28,0	21,0	28,0	21,0
28/mar	26,0	22,0	26,0	22,0
29/mar	28,0	23,0	28,0	23,0
30/mar	29,0	22,0	29,0	22,0
31/mar	30,0	22,0	29,0	21,0
01/abr	28,0	22,0	29,0	22,0
02/abr	27,0	22,0	27,0	21,0
03/abr	29,0	20,0	29,0	20,0
04/abr	30,0	20,0	30,0	20,0
05/abr	29,0	21,0	28,5	20,5
06/abr	32,0	20,0	32,0	20,0
07/abr	30,0	22,0	30,0	22,0
08/abr	29,0	22,0	29,0	21,0
09/abr	26,0	21,0	26,0	21,0
10/abr	28,0	19,0	29,0	19,0
11/abr	31,0	18,0	30,0	18,0
12/abr	29,0	21,0	29,0	21,0
13/abr	27,0	20,0	27,0	21,0
14/abr	26,0	22,0	26,0	21,0

Tabela 14 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o quarto período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

4º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
15/abr	25,0	20,0	25,0	19,0
16/abr	26,0	19,0	27,0	19,0
17/abr	27,0	19,0	27,0	18,0
18/abr	28,0	15,0	27,0	15,5
19/abr	28,0	13,0	28,0	15,0
20/abr	30,0	15,0	30,0	15,0
21/abr	28,0	15,0	29,0	15,0
22/abr	27,0	16,0	27,0	16,0
23/abr	28,5	15,0	29,0	16,0
24/abr	30,0	16,0	30,0	17,0
25/abr	29,0	18,5	29,0	18,0
26/abr	29,0	19,0	30,0	19,0
27/abr	29,0	18,0	29,0	18,0
28/abr	28,0	18,0	28,0	17,5
29/abr	28,0	15,0	29,0	15,0
30/abr	28,0	14,0	28,5	14,0
01/mai	26,0	17,0	26,0	17,0
02/mai	25,0	16,5	25,0	16,5
03/mai	26,0	15,0	26,0	15,0
04/mai	25,5	14,0	25,5	14,0
05/mai	25,5	14,5	25,0	15,0
06/mai	27,0	18,5	27,0	18,0
07/mai	29,0	17,0	29,5	17,0
08/mai	28,0	17,5	28,0	17,0
09/mai	26,5	16,0	26,5	17,0
10/mai	27,5	15,0	28,0	15,0
11/mai	28,0	15,0	28,5	17,0
12/mai	28,5	16,5	28,5	17,0

Tabela 15 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o primeiro período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

Dia	1º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
21/jan	92,0	77,5
22/jan	92,0	77,0
23/jan	90,5	83,0
24/jan	91,0	84,0
25/jan	92,0	85,0
26/jan	91,5	71,5
27/jan	91,5	85,0
28/jan	91,5	72,0
29/jan	83,0	61,0
30/jan	91,5	67,0
31/jan	84,0	57,0
01/fev	91,5	67,0
02/fev	91,5	72,5
03/fev	91,5	55,0
04/fev	92,0	61,0
05/fev	84,0	65,0
06/fev	91,5	61,5
07/fev	92,0	72,5
08/fev	92,0	61,5
09/fev	92,0	57,0
10/fev	92,0	72,5
11/fev	92,0	61,0
12/fev	92,0	72,5
13/fev	91,0	92,0
14/fev	90,5	92,0
15/fev	92,0	65,0
16/fev	84,0	55,0
17/fev	84,0	61,0

Tabela 16 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o segundo período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

Dia	2º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
18/fev	92,0	66,0
19/fev	83,0	60,0
20/fev	84,0	55,5
21/fev	92,0	61,0
22/fev	84,0	61,0
23/fev	84,0	66,0
24/fev	92,0	61,0
25/fev	91,5	56,0
26/fev	92,0	55,5
27/fev	85,0	61,5
28/fev	77,0	56,0
01/mar	77,0	56,0
02/mar	84,0	56,0
03/mar	91,0	44,0
04/mar	85,0	53,0
05/mar	92,0	62,0
06/mar	92,0	49,0
07/mar	92,0	92,0
08/mar	91,5	66,0
09/mar	92,0	61,5
10/mar	87,9	61,0
11/mar	84,0	55,5
12/mar	84,0	67,0
13/mar	84,0	61,5
14/mar	91,5	85,0
15/mar	92,0	92,0
16/mar	92,0	77,5
17/mar	92,0	85,0

Tabela 17 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o terceiro período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

Dia	3º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
18/mar	92,0	67,0
19/mar	84,0	64,5
20/mar	82,5	60,0
21/mar	91,0	67,0
22/mar	83,5	85,0
23/mar	92,0	85,0
24/mar	92,0	71,0
25/mar	88,9	77,0
26/mar	83,0	85,0
27/mar	92,0	85,0
28/mar	92,0	92,0
29/mar	92,0	78,0
30/mar	92,0	77,5
31/mar	92,0	77,5
01/abr	92,0	85,0
02/abr	92,0	77,0
03/abr	82,5	64,5
04/abr	83,5	72,0
05/abr	83,5	75,0
06/abr	91,5	78,0
07/abr	92,0	72,0
08/abr	91,5	85,0
09/abr	83,0	77,5
10/abr	91,5	66,0
11/abr	83,0	77,0
12/abr	96,0	84,0
13/abr	87,0	77,0
14/abr	92,0	85,0

Tabela 18 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o quarto período do primeiro experimento (24 a 40 semanas de idade)

Dia	4º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
15/abr	91,5	77,0
16/abr	82,5	71,0
17/abr	82,0	70,5
18/abr	82,0	70,5
19/abr	82,5	57,0
20/abr	92,0	58,0
21/abr	86,0	64,0
22/abr	82,5	70,0
23/abr	87,0	53,0
24/abr	91,0	65,0
25/abr	91,5	65,0
26/abr	91,5	65,0
27/abr	91,0	70,5
28/abr	82,0	63,5
29/abr	90,0	58,0
30/abr	90,0	77,0
01/mai	82,0	76,0
02/mai	90,5	76,0
03/mai	89,1	70,0
04/mai	95,0	70,0
05/mai	95,0	76,0
06/mai	91,0	64,5
07/mai	91,5	53,0
08/mai	90,5	63,5
09/mai	95,0	70,5
10/mai	95,0	82,5
11/mai	95,0	67,0
12/mai	90,0	59,0

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Estimativa das relações triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade pelo modelo linear

Variáveis	Equação de regressão	Nível	Relação	R ²	SQD
Consumo de triptofano	$\hat{y} = 14,4988 + 802,114x$	0,193	27,8	0,99	10,567

Tabela 2 – Estimativa das relações triptofano digestível:lisina digestível para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade pelo modelo quadrático

Variáveis	Equação de regressão	Nível	Relação	R ²	SQD
Prod. de ovos	$\hat{y} = -65,2989 + 1708,48x - 4970,57x^2$	0,172	24,8	0,83	1,058
Massa de ovos	$\hat{y} = -59,4736 + 1256,85x - 3636,07x^2$	0,173	24,9	0,69	1,318
CAMO	$\hat{y} = 5,27012 - 38,8608x + 109,095x^2$	0,178	25,6	0,99	0,0001
EULMO	$\hat{y} = -66,2612 + 1640,62x - 4611,18x^2$	0,178	25,6	0,98	0,178

CAMO = conversão alimentar por massa de ovos; EULMO = eficiência de utilização de lisina para massa de ovos.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do consumo de ração (CR), consumo de triptofano digestível (CTrp dig.) e consumo de lisina digestível (CLis dig.) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	CR		CTrp dig.		CLis dig.	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	12.677	ns	1578.132	0.0000	610.551	ns
Linear	1	22.912	ns	6227.994	0.0000	1103.507	ns
Quadrático	1	2.980	ns	13.294	ns	143.535	ns
Resíduo	35	7.859		24.374		378.534	
CV (%)		3,16		3,26		3,16	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da produção de ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Postura	
		QM	Signif.
Tratamentos	4	12.421	ns
Linear	1	0.707	ns
Quadrático	1	40.513	0.0375
Resíduo	35	8.666	
CV (%)		3,67	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do peso médio dos ovos (PO) e massa de ovos (MO) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	PO		MO	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	1.351	ns	8.486	ns
Linear	1	0.909	ns	1.716	ns
Quadrático	1	0.946	ns	21.680	0.0216
Resíduo	35	2.030		3.748	
CV (%)		2,37		4,01	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	CAMO		CADZ	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	0.011	0.0116	0.004	ns
Linear	1	0.023	0.0072	0.008	ns
Quadrático	1	0.020	0.0131	0.007	ns
Resíduo	35	0.003		0.002	
CV (%)		2,90		3,44	

ns = não significativo (P>0,05), pelo teste F.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da eficiência de utilização de lisina por massa de ovos (EULMO) e eficiência de utilização da lisina por produção de ovos (EULP) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	EULMO		EULP	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	18.861	0.0133	0.003	ns
Linear	1	39.158	0.0090	0.006	ns
Quadrático	1	34.867	0.0133	0.006	ns
Resíduo	35	5.126		0.002	
CV (%)		2,89		3,39	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da porcentagem de gema (G), de albúmen (A) e de casca (C) dos ovos de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	G		A		C	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	0.182	ns	0.353	ns	0.048	ns
Linear	1	0.161	ns	0.156	ns	0.00003	ns
Quadrático	1	0.025	ns	0.012	ns	0.002	ns
Resíduo	35	0.698		0.685		0.099	
CV (%)		3,19		1,28		3,61	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do ganho de peso (GP) e balanço de nitrogênio (BN) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	GP		BN	
		QM	Signif.	QM	Signif.
Tratamentos	4	1587.606	ns	0.129	ns
Linear	1	1458.144	ns	0.094	ns
Quadrático	1	832.847	ns	0.001	ns
Resíduo	35	2227.290		0.135	
CV (%)		84,92		9,60	

ns = não significativo ($P>0,05$), pelo teste F.

Tabela 11- Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o primeiro período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

1º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
27/mai	30,0	15,0	30,0	16,5
28/mai	29,5	15,5	30,0	16,5
29/mai	28,5	15,5	28,5	16,5
30/mai	25,0	19,0	25,0	19,0
31/mai	25,0	18,0	25,0	17,0
01/jun	28,5	18,0	28,5	17,0
02/jun	28,0	16,5	28,0	16,5
03/jun	25,0	13,0	25,0	13,0
04/jun	21,5	12,0	21,5	12,0
05/jun	24,0	18,0	24,0	17,0
06/jun	28,0	15,0	28,0	15,0
07/jun	26,5	16,5	26,5	17,0
08/jun	23,0	13,0	23,0	13,0
09/jun	25,0	14,0	25,0	14,0
10/jun	26,0	13,0	26,0	13,0
11/jun	26,5	13,0	27,0	13,5
12/jun	26,0	18,0	26,0	17,5
13/jun	23,0	15,5	23,0	16,0
14/jun	21,0	10,0	21,0	10,5
15/jun	22,0	11,0	22,0	11,0
16/jun	22,0	13,0	22,0	13,0
17/jun	25,5	15,0	25,5	15,0
18/jun	25,5	15,0	26,0	15,0
19/jun	25,0	16,0	25,5	16,0
20/jun	25,5	14,5	25,5	14,0
21/jun	24,0	14,0	24,0	14,0
22/jun	25,0	9,5	25,0	10,0
23/jun	25,0	9,5	25,0	9,5

Tabela 12 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o segundo período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

2º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
24/jun	26,5	11,5	26,0	12,0
25/jun	26,5	13,0	26,0	13,0
26/jun	26,5	16,5	26,0	17,0
27/jun	23,0	18,5	23,0	17,5
28/jun	22,0	16,0	22,0	16,0
29/jun	25,5	15,0	25,0	14,0
30/jun	25,0	11,5	25,0	11,5
01/jul	28,0	13,0	28,0	13,0
02/jul	28,0	14,5	28,0	14,0
03/jul	27,5	14,5	28,0	14,5
04/jul	27,0	15,5	27,0	16,0
05/jul	25,0	17,0	25,0	17,0
06/jul	23,5	14,0	24,0	14,0
07/jul	21,5	15,5	22,0	16,0
08/jul	22,0	11,5	22,5	12,0
09/jul	22,0	12,0	22,0	13,0
10/jul	25,5	13,0	26,0	13,0
11/jul	25,5	15,0	26,0	14,0
12/jul	25,5	20,0	25,5	20,0
13/jul	26,0	11,5	26,5	11,5
14/jul	28,5	15,5	28,5	16,5
15/jul	28,0	15,0	28,0	14,0
16/jul	24,0	13,0	23,5	13,5
17/jul	24,5	12,0	24,5	13,0
18/jul	26,0	12,0	25,5	12,0
19/jul	25,5	14,5	26,0	14,0
20/jul	25,5	16,0	25,5	15,5
21/jul	22,5	14,5	22,5	14,0

Tabela 13 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o terceiro período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

3º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
22/jul	24,0	15,5	24,0	16,5
23/jul	28,0	13,5	28,0	13,0
24/jul	29,0	15,0	29,0	16,0
25/jul	26,5	19,5	27,0	21,5
26/jul	27,0	18,5	27,5	18,0
27/jul	30,0	15,0	29,0	14,5
28/jul	29,0	15,0	29,5	15,5
29/jul	29,0	12,5	29,0	13,0
30/jul	30,0	13,0	30,5	14,0
31/jul	26,0	13,0	26,0	12,5
01/ago	26,0	14,0	26,0	14,0
02/ago	27,0	14,0	27,0	15,0
03/ago	30,0	17,0	30,0	17,5
04/ago	30,5	15,0	30,5	15,0
05/ago	30,0	19,0	30,0	18,5
06/ago	29,0	14,0	29,0	14,0
07/ago	30,5	12,0	30,0	12,0
08/ago	29,0	12,5	29,0	13,0
09/ago	27,0	11,0	27,0	11,0
10/ago	28,0	11,0	28,0	11,0
11/ago	28,0	15,0	28,0	14,5
12/ago	23,0	17,0	23,0	17,0
13/ago	25,0	12,0	25,5	13,0
14/ago	25,5	11,0	25,5	11,5
15/ago	27,0	13,0	27,5	13,0
16/ago	27,0	13,0	27,0	13,0
17/ago	27,0	14,5	27,0	14,0
18/ago	27,0	12,0	28,0	13,0

Tabela 14 - Temperaturas máximas e mínimas registradas no interior do galpão durante o quarto período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

4º Período				
Dia	Termômetro 1		Termômetro 2	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
19/ago	26,5	13,0	26,5	13,5
20/ago	27,0	14,5	26,5	14,0
21/ago	25,5	18,5	26,0	18,0
22/ago	25,0	15,0	25,0	14,5
23/ago	25,0	14,5	25,0	14,0
24/ago	22,0	15,5	22,5	16,0
25/ago	24,0	17,5	24,0	17,0
26/ago	23,5	18,0	23,0	18,0
27/ago	21,5	17,0	21,5	16,5
28/ago	20,5	15,0	21,0	14,5
29/ago	27,5	15,5	28,0	16,5
30/ago	28,0	13,0	28,0	12,5
31/ago	28,0	15,0	28,0	14,5
01/set	27,0	11,0	27,0	10,5
02/set	29,5	13,0	29,5	13,5
03/set	33,5	15,0	33,5	15,0
04/set	32,0	16,0	32,0	16,0
05/set	32,0	21,0	32,0	20,5
06/set	31,0	20,0	31,0	20,0
07/set	28,0	22,0	28,0	21,0
08/set	28,5	18,0	28,5	17,5
09/set	28,5	18,0	28,5	18,0
10/set	28,5	15,5	28,5	15,5
11/set	29,0	15,5	29,0	16,0
12/set	29,0	20,0	29,0	20,0
13/set	30,0	15,0	30,0	14,5
14/set	33,0	15,0	32,5	15,0
15/set	27,5	16,2	27,6	16,0

Tabela 15 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o primeiro período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

Dia	1º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
27/mai	90,0	60,0
28/mai	90,5	65,0
29/mai	90,0	77,0
30/mai	90,5	83,0
31/mai	82,0	74,0
01/jun	82,5	71,5
02/jun	86,0	66,0
03/jun	81,0	66,0
04/jun	80,0	82,0
05/jun	87,5	83,0
06/jun	96,0	64,0
07/jun	80,0	74,5
08/jun	91,5	71,0
09/jun	95,0	72,0
10/jun	90,0	70,5
11/jun	90,0	74,0
12/jun	90,5	83,0
13/jun	85,0	86,0
14/jun	90,0	78,0
15/jun	95,0	74,5
16/jun	89,0	82,0
17/jun	90,0	74,0
18/jun	90,0	70,0
19/jun	95,0	76,0
20/jun	82,0	70,0
21/jun	90,0	69,0
22/jun	94,0	69,0
23/jun	94,0	69,0

Tabela 16 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o segundo período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

Dia	2º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
24/jun	89,5	70,5
25/jun	90,0	70,5
26/jun	90,0	76,0
27/jun	90,0	87,0
28/jun	95,0	82,5
29/jun	95,0	70,0
30/jun	95,0	73,0
01/jul	90,0	67,5
02/jul	90,0	64,0
03/jul	90,0	64,0
04/jul	90,0	77,0
05/jul	90,0	76,0
06/jul	90,0	82,5
07/jul	95,0	90,5
08/jul	95,0	74,5
09/jul	95,0	82,0
10/jul	90,0	74,0
11/jul	90,0	74,0
12/jul	82,5	70,5
13/jul	90,0	67,0
14/jul	91,0	53,0
15/jul	81,5	75,0
16/jul	95,0	68,0
17/jul	90,0	66,0
18/jul	86,0	70,5
19/jul	95,0	70,5
20/jul	95,0	74,5
21/jul	90,0	78,5

Tabela 17 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o terceiro período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

Dia	3º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
22/jul	90,0	76,0
23/jul	90,0	67,0
24/jul	90,0	71,0
25/jul	95,0	82,5
26/jul	90,5	67,0
27/jul	95,0	66,0
28/jul	90,0	58,0
29/jul	90,0	59,0
30/jul	90,0	58,0
31/jul	95,0	67,0
01/ago	90,0	61,0
02/ago	90,0	66,5
03/ago	95,0	76,0
04/ago	90,0	67,0
05/ago	95,0	70,0
06/ago	90,0	58,0
07/ago	90,0	77,0
08/ago	90,0	60,0
09/ago	85,0	57,0
10/ago	90,0	61,0
11/ago	85,5	65,7
12/ago	90,0	74,5
13/ago	95,0	66,0
14/ago	95,0	63,5
15/ago	90,0	57,0
16/ago	90,0	66,0
17/ago	86,0	57,0
18/ago	86,0	64,0

Tabela 18 - Umidade relativa registrada no interior do galpão durante o quarto período do segundo experimento (42 a 58 semanas de idade)

Dia	4º Período	
	8:00 horas	16:00 horas
19/ago	82,0	74,0
20/ago	90,0	68,0
21/ago	86,0	77,0
22/ago	90,0	73,0
23/ago	90,0	74,5
24/ago	90,0	83,0
25/ago	95,0	96,0
26/ago	95,0	90,0
27/ago	90,0	68,0
28/ago	95,0	64,0
29/ago	90,0	58,0
30/ago	89,0	57,0
31/ago	90,0	63,5
01/set	85,5	71,0
02/set	82,5	54,0
03/set	82,5	58,5
04/set	79,0	65,0
05/set	87,0	61,0
06/set	91,5	88,0
07/set	96,0	71,0
08/set	91,5	65,0
09/set	91,0	67,5
10/set	90,0	53,0
11/set	87,0	59,0
12/set	91,0	50,0
13/set	90,5	60,0
14/set	82,0	68,0
15/set	91,0	68,0