

Exigências de lisina digestível para frangos de corte de crescimento lento

Digestible lysine requirements for slow-growing broilers

BRASIL, Ronner Joaquim Mendonça^{1,*}; LIMA, Cristina Amorim Ribeiro de²;
MACHADO, Noédson de Jesus Beltrão³; CURVELLO, Fernando Augusto⁴

¹ UEA, Universidade do Estado do Amazonas, PPG-Bionorte, Manaus, Amazonas, Brasil.

² UFRRJ, Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

³ UFRRJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, PPGZ, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ UFRRJ, Departamento de Produção Animal, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

* E-mail para correspondência: ronnerjoaquim_rj@hotmail.com

RESUMO

O objetivo desta revisão foi abordar os principais aspectos relacionados as características, metabolismo e funções da lisina para frangos de corte, proteína ideal e lisina, e resultados de pesquisas estabelecendo exigências de lisina digestível para frangos de corte de crescimento lento. Os estudos avaliados evidenciaram um constante aumento na exigência de lisina digestível para frangos de crescimento lento no decorrer dos anos. Inclusive, sendo superiores às exigências para frangos de linhagens convencionais recomendadas por tabelas utilizadas como referências na formulação de rações. A importância destas informações se dá ao fato de a lisina ser um aminoácido essencial e frequentemente o segundo aminoácido limitante nas rações a base de milho e farelo de soja, em que sua principal função fisiológica está na síntese de proteínas musculares. Por essa razão, assim como o avanço do melhoramento genético dos frangos de corte é necessário constantes estudos para atualização das exigências nutricionais destes animais, a fim de garantir uma boa produtividade. Outrora, diversas pesquisas vêm sendo realizadas de forma a promover a atualização das exigências de aminoácidos, fundamental para formulação de rações eficientes, sem limitações ou excessos de aminoácidos, ou seja, atendendo ao conceito de proteína ideal.

Palavras-chave: aminoácido digestível, desempenho, exigências nutricionais, proteína ideal.

ABSTRACT

This paper aimed to review address the main aspects related to the characteristics, metabolism and functions of lysine for broilers, ideal protein and lysine, and research results establishing digestible lysine requirements for slow-growing broilers. The evaluated studies evidenced a constant increase in the requirement of digestible lysine for slow growing chickens over the years. In addition, they are superior to the requirements for chickens of conventional strains recommended by tables used as references in the formulation of rations. The importance of this information is given by the fact that lysine is an essential amino acid and often the second limiting amino acid in corn and soybean meal rations, where its main physiological function is in the synthesis of muscle proteins. For this reason, as well as the advancement of genetic improvement of broilers, constant studies are needed to update the nutritional requirements of these animals in order to ensure good productivity. However, several researches have been carried out in order to promote the updating of amino acid requirements, fundamental for the formulation of efficient rations, without limitations or excesses of amino acids, considering the ideal protein concept.

Keywords: amino acid, ideal protein, nutritional requirements, performance.

INTRODUÇÃO

A lisina é um aminoácido essencial e frequentemente o segundo aminoácido limitante nas rações a base de milho e farelo de soja para as aves. Tem grande importância quantitativa nas dietas e está envolvida diretamente no seu desenvolvimento, por ser um aminoácido essencial em que a principal função fisiológica é a síntese de proteínas musculares (COSTA *et al.*, 2001; LANA *et al.*, 2005). Além disto, atua na constituição de estruturas fundamentais como colágeno, elastina, histonas, carnitina e enzimas digestivas. Dietas limitantes em lisina podem ter efeitos negativos diretos sobre o desenvolvimento muscular, influenciando o desempenho, as características de carcaça e a composição corporal dos frangos de corte (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A lisina é o aminoácido referência para as formulações de rações baseadas no conceito de proteína ideal, sendo as exigências dos demais aminoácidos calculadas em proporção a lisina. Dessa forma, a determinação da real exigência de lisina é de grande importância na formulação de rações eficientes, sem limitações ou excessos de aminoácidos.

Diversos estudos foram realizados para avaliar as respostas dos frangos de corte para diferentes concentrações de lisina na dieta com o objetivo de determinar as exigências de lisina em relação a eficiência, desempenho e composição da carcaça. Porém

a maioria dos estudos são realizados com frangos de corte de linhagens convencionais, sendo escassas as informações referentes as exigências para frangos de menor potencial genético para crescimento. As formulações de rações para frangos de corte com menor potencial genético para crescimento têm sido baseadas em exigências nutricionais estabelecidas para frangos de corte melhorados e com alto potencial genético, o que pode limitar a eficiência de utilização das rações e comprometer a lucratividade final.

Neste contexto, o objetivo desta revisão foi abordar os principais aspectos relacionados as características, metabolismo e funções da lisina para aves, além de conceitos de proteína ideal e lisina, e resultados de pesquisas estabelecendo exigências de lisina digestível para frangos de corte de crescimento lento.

CARACTERÍSTICAS, METABOLISMO E FUNÇÕES DA LISINA

A lisina é um aminoácido que possui cadeia lateral básica aceptor de prótons, que em pH fisiológico, encontra-se completamente ionizada com carga positiva (CHAMPE *et al.*, 2009). Segundo o mesmo autor, esta é classificada como aminoácido cetogênico pois, a partir do seu catabolismo, produz acetoacetato ou um de seus precursores (acetil-CoA ou acetoacetil-CoA).

O acetil-CoA pode reagir com o oxalacetato para formação do citrato, que por

sua vez tem duas vias metabólicas, participar da reação do ácido cítrico (ciclo de Krebs) ou da gliconeogênese (LEHNINGER *et al.*, 1993). De acordo com Champe *et al.* (2009), por apresentar assimetria em seu carbono α , a lisina pode assumir as formas dos isômeros L-lisina e D-lisina.

No processo de degradação da lisina ocorre inicialmente a eliminação do grupo épsilon amino e através da via L-aminoácidos oxidase-catalase há a formação de pequenas quantidades de α -ceto-lisina, envolvendo desaminação oxidativa e liberação de amônia (BAKER, 1994). Essas características são importantes pois, nas aves, os análogos α -ceto-lisina e D-lisina não apresentam eficiência biológica por não haver ação catalítica de transaminases específicas, sendo apenas a L-lisina metabolizada (SUGAHARA *et al.*, 1967; BAKER, 1994).

A lisina é considerada o aminoácido essencial mais termo lábil em virtude da reatividade do grupo épsilon amino (BAKER, 1994). Em condições de alta temperatura e umidade, o grupo amino livre pode reagir com um grupo carbonila livre de açúcares redutores como a glicose e lactose, por exemplo, na chamada ligação de Maillard. A lisina ligada a esses açúcares se torna indisponível e, portanto, não possui eficiência biológica (CARPENTER & BOOTH, 1973; ROBBINS & BAKER, 1980).

A absorção da lisina no organismo ocorre através de canais específicos da membrana apical dos enterócitos e é carreada

para o sangue a partir da membrana basolateral dos hepatócitos (MATTEWS, 2000). Diversos autores destacam a síntese de proteína para deposição muscular como a principal função da lisina (ARAUJO *et al.*, 2001; LANA *et al.*, 2005; ROSTAGNO *et al.*, 2011), uma vez que esta atua primariamente neste propósito, estando envolvida também, em menores proporções, com outros processos metabólicos.

De acordo com Sklan e Noy (2004), o músculo esquelético é o maior tecido corporal e retém o maior equilíbrio do conjunto de aminoácidos da carcaça dos frangos de corte, sendo que cerca de 7,5% de toda proteína da carcaça é composta por lisina. A lisina atua ainda na síntese de colágeno, proteína necessária para formação do tecido conectivo da matriz óssea, já que é precursora da hidroxilisina (SANDEL & DANIEL, 1998). Segundo Smith *et al.* (1998), as ligações cruzadas entre os resíduos de lisina e hidroxilisina estabilizam a estrutura fibrilar do colágeno e aumentam a força mecânica do osso, tornando o colágeno ósseo mais denso e menos solúvel que o colágeno da pele e dos tendões.

De acordo com Champe *et al.* (2009), a lisina desempenha importante papel na constituição da elastina, proteína do tecido conjuntivo com propriedades elásticas, presente nos pulmões, ligamentos elásticos e paredes das grandes artérias. Assim como a metionina, a lisina é precursora da carnitina, que é responsável pelo transporte intracelular

dos ácidos graxos de cadeia longa na mitocôndria para serem catabolizados na β -oxidação (CHAMPE *et al.*, 2009). A carnitina também realiza o transporte dos produtos da β -oxidação do peroxisoma, incluindo o acetil-CoA para oxidação no ciclo de Krebs (JAKOBS & WANDERS, 1995; VERHOEVEN *et al.*, 1998).

A lisina também atua como componente estrutural em proteínas específicas como as histonas, proteínas encontradas junto ao código de DNA, sendo constituídas com mais de um quarto pelos aminoácidos lisina e arginina (LEHNINGER *et al.*, 1993), além de participar da síntese de enzimas digestivas. E para que essas funções ocorram de maneira eficiente nos frangos de corte, devem ser fornecidas rações que atendam às exigências nutricionais, mantendo as concentrações normais de lisina no “pool” de aminoácidos do plasma sanguíneo.

PROTEÍNA IDEAL E LISINA

O excesso de proteína ou o desequilíbrio entre os aminoácidos nas rações pode comprometer o desempenho dos frangos de corte. De acordo com Aletor *et al.* (2000), uma carga excessiva de aminoácidos na circulação sanguínea exige um gasto extra de energia para estes serem desaminados, a qual é desviada da produção muscular para os processos de excreção de nitrogênio na forma de ácido úrico. E a excreção excessiva de nitrogênio por frangos pode representar

poluição ambiental, que pode ser agravada em virtude da grande quantidade de excrementos gerados no processo de produção nos aviários (BERTECHINI, 2012). Os esqueletos de carbono provenientes da desaminação dos aminoácidos em excesso podem também afetar a composição da carcaça do frango, uma vez que são utilizados como fonte de energia ou armazenados na forma de gordura (SCHEUERMANN *et al.*, 1995).

Modernamente, tem-se utilizado o conceito de proteína ideal na formulação de rações, visando maximizar a utilização da proteína da dieta e minimizar a excreção de nitrogênio decorrente do excesso de aminoácidos. O conceito de proteína ideal é definido como o balanço exato dos aminoácidos essenciais e o suprimento dos não-essenciais, capazes de prover, sem deficiências ou excessos, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e aumento da proteína corporal, sendo a menor quantidade possível de aminoácidos utilizados como fonte energética (EMMERT & BAKER, 1997).

Desta forma, uma dieta baseada no conceito de proteína ideal consiste na seleção de um aminoácido referência, no qual as exigências dos demais aminoácidos são estimadas em proporção a este aminoácido (PEDROSO *et al.*, 2003). E embora a lisina seja o segundo aminoácido limitante para aves, é utilizada como o aminoácido referência. De acordo com Pessoa *et al.* (2012), as razões para a lisina ser utilizada

como aminoácido referência são o fato desta ser um aminoácido essencial, possuir metabolismo direcionado para deposição de proteína corporal, sua análise nos alimentos está em contínuo avanço, sendo relativamente simples, e possuir muita informação sobre sua concentração e digestibilidade nos alimentos, além de possuir muitas pesquisas relacionadas às exigências de lisina para as aves.

Neste caso, para assegurar que nenhum outro aminoácido fique limitante na ração, é fundamental manter constante a relação entre os aminoácidos essenciais e a lisina. A disponibilidade industrial dos principais aminoácidos utilizados para suplementar as rações (DL-metionina, L-lisina HCl, L-treonina, L-triptofano, L-valina), tem possibilitado aos nutricionistas a elaboração de rações mais eficientes, sem limitações ou excessos de aminoácidos. E baseado nesses aspectos, a determinação da real exigência de lisina é fator de grande importância para a avicultura moderna, pois permite a aplicação do conceito de proteína ideal na formulação de rações para frangos de corte (BUTERI *et al.*, 2009).

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA FRANGOS DE CORTE

A exigência de lisina para frangos de corte pode variar de acordo com o parâmetro avaliado, como o ganho de peso, rendimento de peito, conversão alimentar, e gordura abdominal (LECLERCQ *et al.*, 1998); além

de levar em consideração fatores como raça, linhagem, sexo, consumo de ração, teor de proteína e energia da ração, disponibilidade dos nutrientes, condições ambientais, estado sanitário, além da digestibilidade dos alimentos utilizados na composição das rações (LANA *et al.*, 2005; ROSTAGNO *et al.*, 2011).

Diversas publicações descrevem de maneira detalhada as recomendações nutricionais para frangos de corte como as tabelas do NRC (1994), Rostagno *et al.* (2017), Cobb-Vantress (2008) e Cobb-Vantress (2012). O método dose resposta é tradicionalmente a metodologia mais utilizada para determinação da exigência de lisina, sendo baseado na descrição quantitativa das variáveis produtivas ou indicadores metabólicos em resposta ao aumento na concentração de lisina nas dietas (OWENS & PETTIGREW, 1989; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Colhanato *et al.* (1999) avaliaram a exigência de lisina digestível para frangos de corte machos no período de 22 a 42 dias de idade, em experimento com rações contendo 0,80; 0,86; 0,91; 0,97; e 1,02% de lisina digestível, e com base nos parâmetros ganho de peso e conversão alimentar, estimaram a exigência de lisina digestível em 1,02 e 0,98%, respectivamente. Em outro estudo avaliando rações com níveis crescentes de lisina para frangos de corte Ross, machos e fêmeas, Costa *et al.* (2001), observaram as exigências de lisina digestível de 1,183 e

1,044% para machos e 1,129 e 1,023% para fêmeas, nas fases de 1 a 21 e 22 a 40 dias, respectivamente. Em fases semelhantes, Lana *et al.* (2005) avaliaram as exigências de lisina digestível para frangos machos da linhagem Avian Farms em ambientes de termoneutralidade, recomendando o mínimo de 1,17 e 1,075% de lisina digestível para as mesmas fases, respectivamente.

Goulart *et al.* (2008) avaliaram as exigências nutricionais de lisina digestível em frangos de corte macho de 1 a 42 dias de idade, e recomendaram para maior ganho de peso uma exigência de 1,286; 1,057 e 0,998% de lisina digestível na dieta ou consumo diário de 236, 580 e 1604 mg de lisina para as fases pré-inicial, inicial e de crescimento, respectivamente. Já para melhor qualidade da carcaça, recomendaram o fornecimento de 1,009% de lisina digestível na ração ou consumo de 1,609 g de lisina digestível no período de 22 a 42 dias de idade.

Trindade Neto *et al.* (2010) recomendaram os níveis de 1,134% de lisina total (0,977% de lisina digestível) para suprir as exigências do frango para ganho de peso na fase de 22 a 42 dias de idade. Para o melhor rendimento de peito na mesma fase, o nível de lisina recomendado foi de 1,139% de lisina total (1,002% de lisina digestível).

Apesar das diversas pesquisas realizadas para determinação da exigência de lisina para frangos de corte, as linhagens utilizadas nesses estudos são de alto potencial genético para crescimento, uma vez que estas

são as predominantes no mercado. Nesses aspectos, as rações utilizadas na nutrição de frangos de corte de menor potencial genético para crescimento são baseadas em recomendações nutricionais estabelecidas para frangos de corte de linhagens convencionais, devido as poucas pesquisas para determinação de exigências nutricionais específicas.

No manual da linhagem Cobb Sasso 150 (COBB-VANTRESS, 2008), específica para produção orgânica e caipira, verificam-se recomendações de 1,22; 1,08; e 1,00% de lisina digestível, respectivamente, para as fases inicial (1-28), crescimento (29-49) e final (50-70). Já Nascimento *et al.* (2009) realizaram três experimentos para determinar a exigência de lisina digestível para frangos de crescimento lento da linhagem ISA Label, criadas em sistema semiconfinado, obtendo recomendações de 1,041; 1,006 e 0,760% de lisina digestível nas rações para as fases inicial (1-28), crescimento (29-56) e final (57-84), respectivamente.

Oliveira *et al.* (2013) avaliando diferentes níveis de lisina digestível em dietas de baixa proteína para frangos de corte tipo caipira da linhagem Label Rouge Sasso, no período de 1 a 28 dias, observaram que 0,85% de lisina digestível atende à exigência de frangos de corte tipo caipira de crescimento lento, machos e fêmeas, do primeiro aos 28 dias de idade, alimentados com dietas contendo baixa concentração proteica. Já Rosa *et al.* (2014), trabalhando com frangos

de corte machos de crescimento lento da linhagem Label Rouge de 28 a 56 dias de idade, determinaram que o valor de 0,910% de lisina digestível otimiza o ganho de peso e peso final das aves e proporciona máximas respostas para os pesos de carcaça e de peito.

Em outro estudo visando determinar a exigência de lisina para frangos de corte machos de crescimento lento da linhagem EMBRAPA 041 manejadas em semiconfinamento, Nascimento *et al.* (2016) indicaram 1,135% de lisina total (1,041% de lisina digestível) dos 35 aos 70 dias de idade, e 1,196% de lisina total (1,102% de lisina digestível) dos 35 aos 84 dias de idade visando um máximo ganho de peso. Já Brasil *et al.* (2018) avaliaram a exigência de lisina digestível para frangos de corte Redbro Plumé, e verificaram que para otimização da conversão alimentar podem ser utilizados, respectivamente, 1,203, 1,162 e 1,126% de lisina digestível na ração nas fases de 29 a 49, 50 a 69 e 70 a 84 dias de idade. Os mesmos autores observaram ainda que os valores crescentes de lisina digestível influenciaram a composição química (umidade, proteína e extrato etéreo) da carne do peito nos frangos abatidos aos 70 dias de idade; e as perdas de peso por descongelamento e cozimento nos frangos abatidos aos 70 e 85 dias de idade.

Os maiores valores observados para os frangos de crescimento lento em comparação aos convencionais podem, em parte, ser atribuídos a forma de se expressar as exigências em aminoácidos (percentual), pois

linhagens convencionais necessitam de quase o dobro da exigência de aminoácidos, em miligramas, quando comparados com aves de crescimento lento. Entretanto, tal diferença é suprimida ao se observar o consumo diário de ração destes frangos. Assim, as exigências de frangos de corte de crescimento lento podem ser maiores em virtude do seu menor consumo diário e maior tempo necessário para atingir o peso ideal para abate.

CONCLUSÕES

As exigências de lisina digestível estimadas para frangos de crescimento lento no decorrer dos anos passaram a ser superiores às estabelecidas, tanto para frango de crescimento lento quanto para frangos de linhagens convencionais. Estas também são superiores em relação às exigências recomendadas pelas tabelas utilizadas como referência na formulação de rações.

Por essa razão, assim como o avanço do melhoramento genético dos frangos de corte, é necessário constantes estudos para atualização das exigências nutricionais destes animais, a fim de garantir uma boa produtividade, visto as importantes funções desempenhadas pela lisina no metabolismo dos frangos de corte.

REFERÊNCIAS

ALETOR, V.A.; HAMID, I.I.; NIEß, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-

supplemented diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies nutrient utilization. **Journal Science Food Agriculture**, v. 80, p. 547-554, 2000.

ARAUJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S.N.; LAURENTIZ, A.C.; ALMEIDA, J.G.; SERRANO, P.P. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v. 3, p. 1-10, 2001.

BAKER, D.H. Utilization of precursors for L-amino acids. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition**. New York: CAB International, p. 37-62, 1994.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2012. 373p.

BRASIL, R.J.M.; LIMA, C.A.R.; MACHADO, N.J.B.; CURVELLO, F.A.; QUARESMA, D.V.; VIEITES, F.M.; SOUSA, F.D.R. Digestible lysine requirements the performance, carcass traits and breast meat quality of slow-growing broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v. 20, p. 555-564, 2018.

BUTERI, C.B.; TAVERNARI, F.C.; ROSTAGNO, H.R.; ALBINO, L.F.T. Exigência de lisina, planos nutricionais e modelos matemáticos na determinação de

exigências de frangos de corte. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 3, p. 48-61, 2009.

CARPENTER, K.J.; BOOTH, V.H. Damage to lysine in food processing: its mensurement and its significance. **Nutrition Abstracts and Reviews**. v. 43, p. 423-451, 1973.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A; FERRIER, D.R. **Bioquímica ilustrada**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2009. 510p.

COBB-VANTRESS. **Broiler Performance & Nutrition Supplement: Cobb Sasso 150**. Arkansas: Cobb-Vantress, 2008. 2p.

COBB-VANTRESS. **Suplemento de nutrição e desempenho para frangos de corte: Cobb 500**. Guapiaçu: Cobb-Vantress, 2012. 14p.

CONHALATO, G.S.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, R.F.M.; FONTES, D.O. Níveis de lisina digestível para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 98-104, 1999.

COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; TOLEDO, R.S. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 20, p. 1490-1497, 2001.

EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, p. 462-470, 1997.

GOULART, C.C.; COSTA, F.G.G.; LIMA NETO, R.C.; SOUZA, J.G.; SILVA, J.H.V.; GIVISIEZ, P.E.N. Exigência de lisina digestível para frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, p. 876-882, 2008.

JAKOBS, B.S.; WANDERS, R.J. Fatty acid β -oxidation in peroxisomes and mitochondria: the first, unequivocal evidence for the involvement of carnitine in shuttling propionyl-CoA from peroxisomes to mitochondria. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 213, p. 1035-1041, 1995.

LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; VAZ, R.G.M.V.; REZENDE, W.O. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1624-1632, 2005.

LECLERCQ, B. Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**. v. 77, p. 118-123, 1998.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. 2ª Edição. New York: Worth, 1993. 1013p.

MATTEWS, J.C. Amino acid and peptide transport systems. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB International, 2000.

NASCIMENTO, D.C.N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C.; DOURADO, L.R.B.; FERNANDES, J.B.K.; MALHEIROS, E.B. Exigências de lisina digestível para aves de corte da linhagem ISA Label criadas em semiconfinamento. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 61, p. 1128-1138, 2009.

NASCIMENTO, E.S.; LIMA, C.A.R.; BRASIL, R.J.M., MACHADO, N.J.B.; SOUSA, F.D.R.; CORRÊA, G.S.S. Digestible lysine for broiler chickens with lower genetic potential grown on free-range system. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 40, p. 454-463, 2016.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 9ª Edição. Washington: National Academy Press, 1994. 176p.

OLIVEIRA, H.G.; CARRIJO, A.S.; KIEFER, C.; GARCIA, E.R.M.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, J.B.; FREITAS, L.N.; HORING, S.F. Lisina digestível em dietas de baixa proteína para frangos de corte tipo caipira de um aos

28 dias. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 497-504, 2013.

OWENS, F.N.; PETTIGREW, J.E. Subdividing amino acid requirements into portions for maintenance and growth. In: FRIEDMAN, M. **Absorption and utilization of amino acids**. Boca Raton: CRC Press, p. 15-30, 1989.

PEDROSO, A.C.; FRANCO, S.G.; FLEMMING, J.S.; BORGES, S.A.; SILLUS, P.P. Performance and carcass yield of broiler fed with diferente digestible amino acid profiles recommended by nutrientes requeriments tables. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 5, p. 29-35, 2003.

PESSOA, G.B.S.; TAVERNARI, F.C.; VIEIRA, R.A., ALBINO, L.F.T. Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 13, p. 755-774, 2012.

ROBBINS, K.R.; BAKER, D.H. Evaluation of the resistance of lysine sulfure to Maillard destruction. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 28, p. 25-29, 1980.

ROSA, E.P.M.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; SILVA, J.B.; OZELAME, A.M.; GOMES, E.N.O.; ROSA, R.A. Níveis de lisina digestível para frangos de corte tipo caipira de 28 a 56 dias de idade. **Revista**

Brasileira de Saúde e Produção Animal. v.15, n.4, p.872-880, 2014.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa: Editora da UFV, 2017. 488p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SANDEL, L.J.; DANIEL, J.C. Effects of ascorbic acid on collagen mRNA levels in short-term chondrocyte cultures. **Connective Tissue Research**, v. 17, p. 11- 22, 1988.

SCHEUERMANN, G.N.; MAIER, J.C.; BELLAVAR, C.; FIALHO, F.B. Metionina e lisina no desenvolvimento de frangos de

Corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 75-86, 1995.

SKLAN, D.; NOY, Y. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. **Poultry Science**, v. 83, p. 952-961, 2004.

SMITH, E.R.; PESTI, G.M. Influence of broiler strain cross and dietary protein on performance of broilers. **Poultry Science**, v. 77, p. 276-281, 1998.

SUGAHARA, M.; MORIMOTO, T.; KOBAYASHI, T.; ARIYOSHI, S. The nutritional value of D-amino acid in the chick nutrition. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 31, p. 77-84, 1967.

TRINDADE NETO, M.A.; KOBASHIGAWA, E.; NAMAZU, L.B.; TAKEARA, P.; ARAÚJO, L.F.; ALBUQUERQUE, R. Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de corte macho na fase de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, p. 2460-2470, 2010.

VERHOEVEN, N.M.; ROE, D.S.; KOK, R.M.; WANDERS, R.J.; JAKOBS, C.; ROE, C.R. Phytanic acid and pristanic acid are oxidized by sequential peroxisomal and mitochondrial reactions in cultured fibroblasts. **Journal of Lipid Research**. v. 39, p. 66-74, 1998.