

Aminoácidos limitantes na nutrição de suínos

Alimentação, desempenho, lisina, proteína bruta, síntese proteica.

Jansller Luiz Genova¹
Isabela Ferreira Leal²
Paulo Evaristo Rupolo³
Luiz Eduardo dos Reis³
Vitor Maximo Barbosa³

¹Doutorando em Zootecnia, PPZ/UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR. E-mail: jansllerg@gmail.com

²Mestranda em Zootecnia, PPZ/UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

³Graduandos em Zootecnia, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

RESUMO

O crescimento industrial e significativo da suinocultura está ligado aos avanços do melhoramento animal, bem-estar, manejo, da nutrição e sanidade. A alimentação representa aproximadamente 75-80% dos custos de produção de suínos no Brasil, da qual as fontes proteicas participam com 1/4 destes custos. A estratégia de utilizar a redução dos níveis de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos sintéticos (industriais), pode proporcionar uma melhor relação de aminoácidos, menor custo e diminuir possíveis efeitos negativos devido aos altos níveis proteicos utilizados em rações para suínos. A relação entre aminoácidos tem uma particularidade, de forma que um único aminoácido impede o máximo aproveitamento de outro. Os aminoácidos limitantes são aqueles que estão presentes na dieta em concentração limitada para o máximo desempenho animal e síntese proteica. Assim, mesmo que todos os aminoácidos essenciais estejam contidos na dieta, em quantidades balanceadas, mas com exceção de um único e esse é um limitante, a síntese proteica não será cumprida. Neste contexto, o objetivo desta revisão é caracterizar os aminoácidos limitantes para suínos, suas funções e resultados de alguns experimentos na literatura. **Palavras-chave:** alimentação, desempenho, lisina, proteína bruta, síntese proteica.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 14, Nº 05, set./out. de 2017

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

LIMITING AMINO ACIDS IN THE SWINE NUTRITION

ABSTRACT

The significant and industrial growth of swine production is linked to advances in animal breeding, welfare, management, nutrition and sanity. The alimentation represents approximately 75-80% of swine production costs in the Brazil, which the protein sources participate with approximately 1/4 of that cost. The strategy of use reduced levels of crude protein, supplemented with synthetic amino acids (industrial), can provide a better amino acid relation, less cost and reduce possible negative effects due to high levels of crude protein used in swine diets. The relationship between amino acid has a particularity so that a single amino acid prevents maximum utilization of another. The limiting amino acids are those that are present in limited concentration in the diet for maximum animal performance and protein synthesis. Even if all the essential amino acids are contained in the diet, in balanced amounts, but with exception of a unique and this is a limiting, protein synthesis is not fulfilled. In this context, the aim of this review is to characterize the limiting amino acid for swine, its functions and results of some experiments in the literature.

Keyword: alimentation, performance, lysine, crude protein, protein synthesis.

INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e significativo da suinocultura está ligado aos avanços tecnológicos, melhorias na genética, conhecimento preciso das necessidades nutricionais, a preocupação do bem-estar animal e um manejo adequado para se obter melhores índices zootécnicos (COLONI, 2013).

A alimentação representa aproximadamente 75-80% dos custos de produção de suínos no Brasil, da qual as fontes proteicas contribuem com aproximadamente 1/4 deste custo. Então, é necessário otimizar este nutriente nas dietas para o sucesso e viabilidade econômica na produção de suínos, uma vez que representa o item mais oneroso na formulação de rações (ARAÚJO & SOBREIRA, 2008).

Os crescentes avanços da nutrição na determinação das necessidades de aminoácidos para suínos e o aumento da disponibilidade dos aminoácidos industriais permitem que os níveis de proteína bruta das dietas sejam reduzidos, mantendo-se o suprimento dos aminoácidos essenciais (VIDAL et al., 2010).

Segundo Orlando (2001), a estratégia de utilizar a redução dos níveis de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos sintéticos, pode proporcionar uma relação de aminoácidos mais próxima do perfil da proteína ideal e assim possibilitar maior eficiência alimentar aos animais pela melhor relação entre os aminoácidos.

Para tanto, um único aminoácido limitante pode limitar o aproveitamento dos aminoácidos essenciais. Os aminoácidos limitantes são aqueles que estão presentes na dieta em concentrações inferiores à exigida para o máximo desempenho animal (NEME et al., 2001).

Neste contexto, o objetivo desta revisão é caracterizar os aminoácidos limitantes para suínos, suas funções e resultados de alguns experimentos na literatura.

DESENVOLVIMENTO DO TEMA

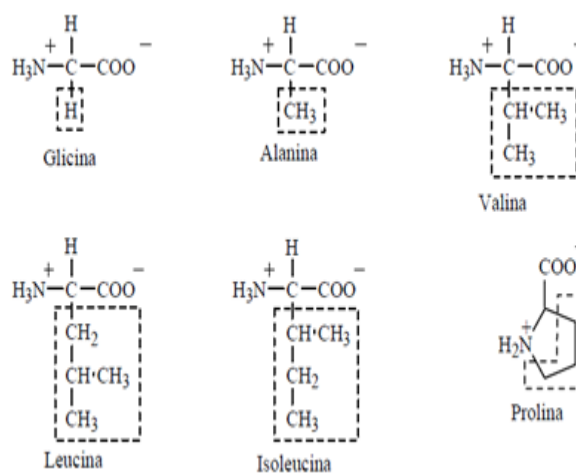
Aminoácidos limitantes e suas funções metabólicas

As fórmulas nutricionais utilizadas para confecção de dietas para suínos têm basicamente como ingredientes primários o milho, a soja e seus produtos processados. O milho, alimento energético, possui deficiência expressiva em lisina e triptofano, enquanto outros cereais, como sorgo, cevada e trigo são deficientes em lisina e treonina. Para a soja, o aminoácido limitante é a metionina.

Com isso, em dietas a base de milho e farelo de soja, os aminoácidos limitantes para suínos são lisina, metionina e treonina/triptofano, classificados em ordem de limitação. Geralmente são classificados como aminoácidos essenciais e não essenciais. Os aminoácidos não essenciais são aqueles que não precisam ser supridos através das dietas, enquanto os essenciais são aqueles obtidos pela dieta em quantidades que atendam as necessidades do animal para a manutenção, crescimento e reprodução (BETERCHINI, 2012).

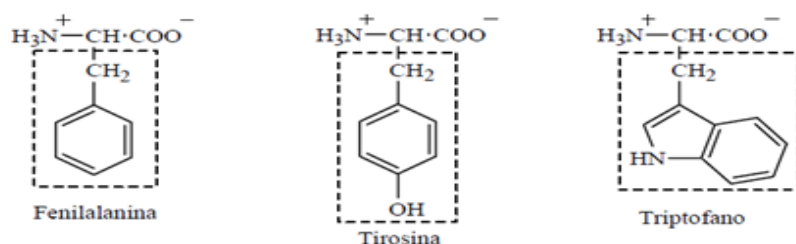
Além desses dois grupos, alguns autores citam um terceiro grupo de aminoácidos, os condicionalmente essenciais, que são aqueles em que a síntese dos aminoácidos pode ser limitada pela disponibilidade de baixas quantidades de nitrogênio metabólico e em certas situações, as taxas de utilização são maiores que a taxa de síntese (NRC, 2012). Além disso, os aminoácidos podem apresentar uma classificação restrita com base na natureza das cadeias laterais (grupo R), Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

FIGURA 1 - Aminoácidos com cadeias laterais não-polares e alifáticas



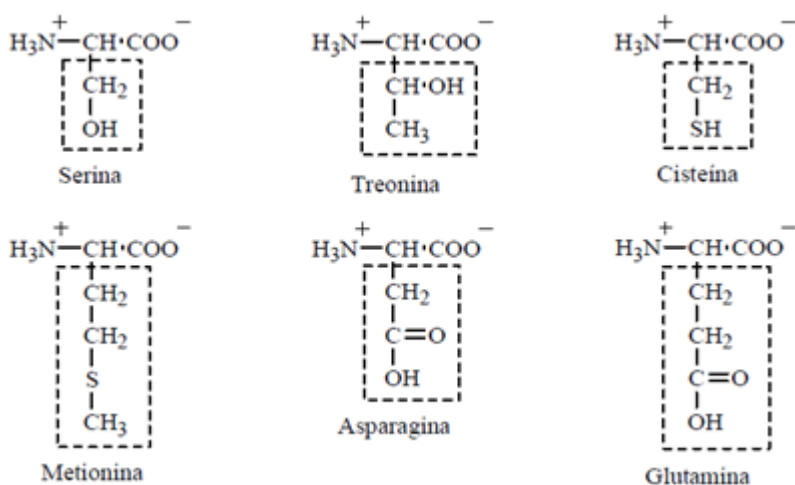
Fonte: MOTTA, 2005.

FIGURA 2 - Aminoácidos com cadeias laterais aromáticas



Fonte: MOTTA, 2005.

FIGURA 3 - Aminoácidos com cadeias laterais polares não-carregadas

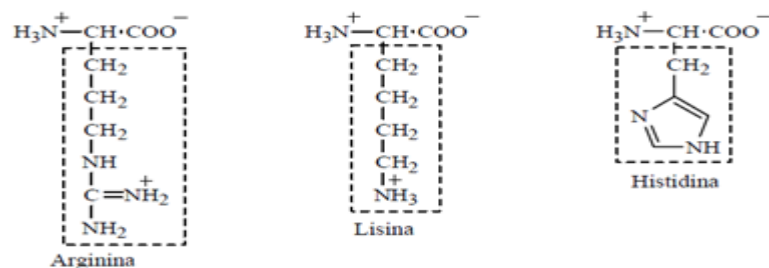


Fonte: MOTTA, 2005.

FIGURA 4 - Aminoácidos com cadeias laterais carregadas negativamente



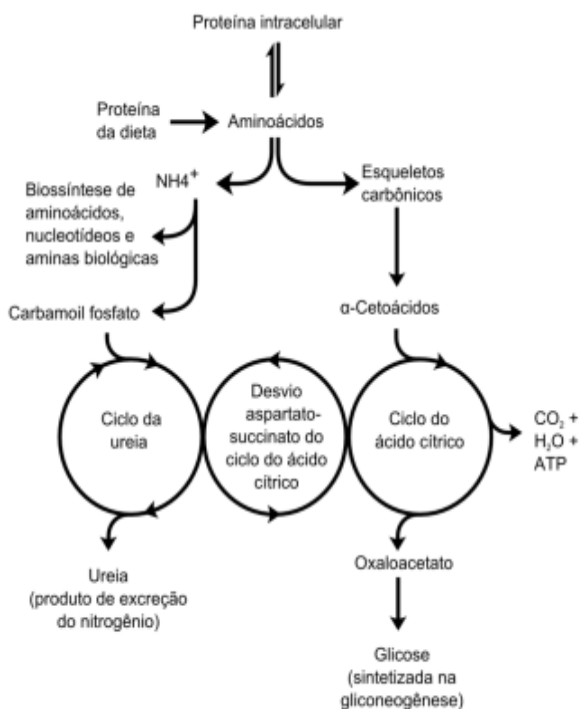
FIGURA 5 - Aminoácidos com cadeias laterais carregadas positivamente



Fonte: MOTTA, 2005.

Pela união dos aminoácidos que formam a cadeia proteica, as células podem produzir proteínas com propriedades e atividades distintas. A partir destes conjuntos de aminoácidos diferentes que compõem as diferentes proteínas, os organismos podem sintetizar compostos diferentes entre si, cada uma delas exibindo atividades biológicas características (NELSON & COX, 2014). Os aminoácidos são necessários para a síntese de proteínas corporais e formação de outros compostos nitrogenados, como enzimas, hormônios e anticorpos. Desta forma, cabe ressaltar que os aminoácidos têm funções específicas, não sendo apenas importantes por fazer parte da constituição das proteínas, mas também para outras funções metabólicas (MURAKAMI, 2002).

Os aminoácidos em excesso não são armazenados, sendo rapidamente desaminados liberando amônia para excreção e outros compostos nitrogenados para oxidação e produção de energia, pelo destino das rotas metabólicas (WALTON, 1985). O desbalanceamento nutricional leva ao catabolismo acelerado dos compostos proteicos, comprometendo a relação entre aminoácidos. Neste processo de desaminação, os esqueletos carbônicos dos aminoácidos, em geral, convergem e se encaminham para o ciclo do ácido cítrico (NELSON & COX, 2014), Figura 6.



Fonte: Nelson & Cox, 2014.

FIGURA 6 - Catabolismo dos aminoácidos nos mamíferos. Os grupos amino e o esqueleto de carbono, remanescente dos aminoácidos, entram em vias metabólicas separadas, mas interconectadas.

Pela ordem de limitação e essencialidade, a lisina é utilizada como aminoácido referência na formulação das dietas, por haver uma baixa síntese endógena, não sofrer transaminação, possuir metabolismo voltado à deposição de proteína corporal, possuir um lento *turnover*, existir efetiva correspondência entre a digestibilidade ileal verdadeira e a disponibilidade biológica desse aminoácido, apresentar grande precisão em análises laboratoriais e por ter sua exigência conhecida em todas as fases de produção animal (BATTERHAM et al., 1990; PEDROZO, 2002; ARAÚJO & SOBREIRA, 2008; DUARTE, 2009; BRUMANO & GATTÁS, 2009; TAVERNARI, 2010).

Dietas deficientes no aminoácido sulfurado metionina aumentam o processamento ou assimilação das proteínas contribuindo assim para a deposição de tecido adiposo (SOLBERG, 1971). A metionina é o mais importante doador de radicais metil no organismo, sendo requerida para a biossíntese de muitas moléculas importantes envolvidas no crescimento e desenvolvimento, como por exemplo, creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (BAKER, 1991).

A rota metabólica do aminoácido metionina pode sintetizar vários outros compostos, entre eles o aminoácido cistina, sintetizado por duas moléculas de cisteína, que tem função especialmente na composição da estrutura de muitas proteínas, como a insulina e as imunoglobulinas, interligando cadeias polipeptídicas pela ponte dissulfeto (BAKER, 1991).

De acordo com Lewis (1991), a treonina é um aminoácido limitante em muitos grãos de cereais, além de que sua biodisponibilidade em ingredientes das rações para leitões é relativamente baixa em relação aos demais (KOVAR et al., 1993; ADEOLA et al., 1994). A treonina, além de sua utilização para a síntese de proteína do tecido muscular e do leite está envolvida em outras funções fisiológicas, como a ingestão e a imunidade. As secreções digestivas, entre elas o muco, é composto principalmente de água (95%) e mucinas (5%), que são glicoproteínas

de alto peso molecular, especialmente ricas em treonina. Do mesmo modo que as mucinas, os anticorpos são glicoproteínas globulares que contêm alto nível de treonina, sendo provavelmente o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas G (AJINOMOTO, 2003).

Entre outros aminoácidos limitantes, o triptofano destaca-se porque além de participar da síntese proteica é precursor de serotonina, neurotransmissor que está relacionado ao estímulo da ingestão de alimento (HENRY *et al.*, 1992). O efeito negativo da deficiência de triptofano na ingestão voluntária de alimento e no desempenho de suínos em terminação está relacionado principalmente à concentração de proteína bruta na ração, uma vez que o transporte de triptofano pelas membranas celulares, tanto no intestino como no cérebro, compete com o transporte dos aminoácidos neutros de cadeia longa, como a tirosina e leucina. Assim haverá menor quantidade de triptofano metabolizado em serotonina e conseqüentemente menor ingestão de alimento (PEREIRA *et al.*, 2008).

A leucina, isoleucina e valina são aminoácidos de cadeia ramificada. Para suínos a valina é o quinto limitante e a isoleucina o sexto. Esses aminoácidos são considerados essenciais para monogástricos e a principal função é a síntese proteica, bem como sua regulação (HTOO & WILTAFSKY, 2011).

Vale ressaltar que as exigências de aminoácidos dos suínos variam por diversos fatores, entre eles raça, densidade energética da dieta, temperatura ambiente, densidade no alojamento e estado sanitário (NRC, 2012).

Resultados de experimentos com a utilização de aminoácidos limitantes

Diversas pesquisas têm sido realizadas para avaliar a limitação dos aminoácidos nas dietas de suínos. Moretto *et al.* (2000) avaliaram níveis de lisina para suínos machos e fêmeas Landrace, dos 15 aos 30 kg de peso corporal e encontraram valores de exigência de 1,08% para lisina total ou 0,96% de lisina digestível, o que corresponde ao consumo de lisina de 16,01 e 15,17 g/dia, respectivamente, para melhor desempenho dos animais.

Avaliando o efeito de níveis de lisina digestível sobre o desempenho e características de carcaça de fêmeas suínas, com alto potencial genético, Sero *et al.* (2012) encontraram valor de 1,11% de lisina digestível correspondente a um consumo de 23,62 g/dia de lisina digestível para deposição de carne magra em suínos dos 30 aos 60 kg.

Corassa *et al.* (2013) conduziram um experimento para avaliar planos nutricionais do primeiro aminoácido limitante para suínos, dos 63 aos 164 dias e obtiveram como resposta uma linear decrescente de 1,05; 0,85; 0,77; 0,71 e 0,71% para lisina digestível, dos 63 aos 74 dias, 63 aos 89 dias, 63 aos 111 dias, 63 aos 135 dias e 63 aos 164 dias, respectivamente valores dos quais atendem a necessidade nutricional da fase inicial a terminação dos suínos. Fortes *et al.* (2012) determinaram níveis de lisina digestível para suínos machos castrados de duas linhagens selecionadas para alta deposição de carne, nos intervalos de 63 a 103, 104 a 133 e de 134 a 163 dias de idade e concluíram que os melhores níveis de inclusão de lisina foram de 0,80; 0,70 e 0,60%, respectivamente.

O rendimento de carcaça e a quantidade de carne aumentaram de forma quadrática com o aumento dos níveis de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados, dos 60 aos 100 dias de idade, correspondendo ao consumo estimado de 17,28 e 17,52 g/dia, respectivamente, com níveis de 0,89 e 0,90% (GATTÁS *et al.*, 2012).

Oliveira *et al.* (2006) utilizaram 50 suínos machos castrados, de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, para determinar a necessidade de lisina digestível (LD), dos 15 aos 30 kg, com cinco níveis de inclusão e obtiveram uma exigência diária de 1,10% de LD, que corresponde a 12,05 g. Ainda nesse estudo, o ganho diário de peso foi influenciado de forma quadrática pelos níveis de lisina digestível e para os outros parâmetros avaliados observaram-se efeito linear.

Suínos machos castrados, dos 60 aos 95 kg, exigem 0,85% de lisina digestível, correspondente a um consumo diário estimado de 24,2 g de lisina digestível. O consumo diário de lisina aumentou de forma linear em razão dos níveis de lisina da ração,

mas de forma quadrática para conversão alimentar (CA) e a CA em músculo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Avaliando o efeito dos níveis de lisina digestível para 80 suínos machos castrados, dos 95 aos 125 kg, Almeida Santos *et al.* (2011a) determinaram que o nível de 0,803% de lisina digestível proporcionou os melhores resultados de ganho de peso e deposição de carne, enquanto o nível de 0,817% melhorou a CA e o de 0,948% promoveu maior deposição de carne e espessura de toucinho.

Sobrinho *et al.* (2013) trabalharam com 35 suínos machos castrados submetidos ao estresse, em salas bioclimáticas reguladas a uma temperatura de 32°C, para determinar a exigência de lisina digestível e verificaram que a necessidade nutricional para fase de terminação sob estresse térmico de lisina digestível é de 0,98%.

Avaliando os efeitos de proteína dietética e redução de lisina microencapsulada sobre o desempenho, qualidade de carcaça e excreção de nitrogênio, na fase de crescimento e terminação de suínos, de 35 a 180 kg, Prandini *et al.* (2013) concluíram que a proteína bruta pode ser reduzida em até 3 pontos percentuais sem afetar os parâmetros de desempenho e com redução da excreção de nitrogênio. A redução de lisina sintética pode ainda ser maior, desde que seja utilizada lisina microencapsulada.

Kiefer *et al.* (2005) realizaram um experimento para determinar a exigência de metionina+cistina digestíveis para suínos machos castrados, dos 30 aos 60 kg mantidos em ambiente com alta temperatura (31°C) e encontraram relação para máximo ganho de peso de 0,525% e para menor conversão alimentar e máxima deposição de proteína na carcaça de 0,551% , que correspondem às relações metionina+cistina digestíveis: lisina digestível de 63,5 e 66%, respectivamente.

Vieira Vaz *et al.* (2005) concluíram que a exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados, mantidos em ambiente de alta temperatura, dos 15 aos 30 kg é de 0,558% de metionina+cistina digestível na ração, que corresponde à relação metionina+cistina digestível: lisina

digestível de 60%.

Em suínos de 85 a 109 kg, alimentados com quatro dietas sob suplementação com ractopamina, a relação de 0,54 metionina+cistina: lisina atende às exigências para melhor desempenho e melhores características de carcaça, enquanto, para menores níveis de colesterol no lombo e no toucinho, a relação é de 0,66 metionina+cistina: lisina (PENA *et al.*, 2008).

Kim *et al.* (2006) determinaram a eficácia de DL-metionina hidroxí análoga ácido livre (MHA-FA, 88%) comparada com DL-metionina (DLM, 99%), como fontes de metionina, para 245 suínos mestiços, em um primeiro momento, seguido por um estudo com 30 suínos machos em um ensaio de metabolismo. Ainda, os animais alimentados com os aminoácidos apresentaram uma redução linear de nitrogênio (N) com o aumento da concentração de ambas as fontes. Os dados demonstraram uma bioeficácia do produto MHA-FA para os parâmetros de CA, retenção de N e ganho médio diário.

Litvak *et al.* (2013) aumentaram a inclusão de metionina (dieta *plus*) e sua relação com cistina para suínos em crescimento e concluíram que a dieta *plus* foi aumentada quando os suínos sofreram estímulo do sistema imune e descreveram esse fator devido a necessidade inerente para metionina como um doador de grupo metil e um antioxidante no sistema metionina sulfóxido redutase devido ao aumento de transulfuração de metionina a cistina para síntese de compostos envolvidos na resposta imunitária, tais como glutatona e proteínas de fase.

Almeida Santos *et al.* (2011b) realizaram um estudo para avaliar o efeito de níveis crescentes de metionina+cistina digestível, sobre os parâmetros de desempenho e composição da carcaça de 74 suínos de alto potencial genético, dos 95 aos 125 kg e obtiveram uma melhor resposta para os parâmetros avaliados com o nível de 0,427% de metionina+cistina, correspondente ao consumo de 14,20 g/dia.

Litvak *et al.* (2013) aumentaram a inclusão de metionina (dieta *plus*) e sua relação com cistina para suínos em crescimento e concluíram que a die-

ta *plus* foi aumentada quando os suínos sofreram estímulo do sistema imune e descreveram esse fator devido a necessidade inerente para metionina como um doador de grupo metil e um antioxidante no sistema metionina sulfóxido redutase devido ao aumento de transulfuração de metionina a cistina para síntese de compostos envolvidos na resposta imunitária, tais como glutatona e proteínas de fase.

Almeida Santos et al. (2011b) realizaram um estudo para avaliar o efeito de níveis crescentes de metionina+cistina digestível, sobre os parâmetros de desempenho e composição da carcaça de 74 suínos de alto potencial genético, dos 95 aos 125 kg e obtiveram uma melhor resposta para os parâmetros avaliados com o nível de 0,427% de metionina+cistina, correspondente ao consumo de 14,20 g/dia.

Berto et al. (2002) determinaram a exigência de treonina para leitões, dos 7-12 kg e dos 12-23 kg e concluíram que para melhor resposta de aproveitamento do alimento pelos leitões, os animais alimentados com os níveis de treonina de 0,94% apresentaram melhor ganho diário de peso ajustado para mesmo consumo de ração e com 0,76% apresentaram melhor ganho diário de peso ajustado para mesmo consumo de ração e melhor conversão alimentar.

Rodrigues et al. (2001) avaliaram níveis de treonina total em rações para leitoas dos 30 aos 60 kg e obtiveram como resultado de que a exigência de treonina total é de 0,70%, correspondente a 0,62% de treonina digestível e uma relação estimada de treonina digestível:lisina digestível verdadeira de 75%. Para leitoas, dos 15 aos 30 kg mantidas em ambiente de alta temperatura, o nível de 0,587% de treonina digestível na ração proporcionou a melhor resposta de conversão alimentar, o que representa uma relação treonina: lisina digestível de 63% (SARAIVA et al., 2006).

Alguns experimentos determinam a necessidade aminoacídica sob condições adversas da zona de conforto, para obter as reais exigências com oscilação da temperatura. Utilizando 52 fêmeas suínas de alto potencial genético em lactação, com níveis de treonina digestível, temperatura no interior

das salas de $29,7 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, Kiefer et al. (2007) verificaram uma redução linear das mobilizações total e percentual de gordura corporal conforme aumentaram os níveis do aminoácido na dieta. A exigência determinada foi de 0,73 % correlato ao consumo diário de 32,5 g e a relação treonina digestível: lisina digestível de 73%.

O nível de treonina digestível de 0,526% correspondente a uma relação de 65% com a lisina digestível e um consumo de treonina digestível de 18,49 g/dia proporciona os melhores resultados de conversão alimentar, em um experimento realizado com 80 suínos machos castrados, de alto potencial genético, na fase dos 95 aos 125 kg (ALMEIDA SANTOS et al., 2010).

Zhu et al. (2005) investigaram os efeitos de níveis graduais de pectina na dieta de oito suínos da raça Yorkshire, machos castrados, na fase de creche e verificaram que, o aumento de pectina na alimentação reduz a utilização da ingestão de treonina digestível, mas não o consumo de lisina para deposição de proteína corporal.

O nível de 0,128% de triptofano digestível, correspondente a uma relação triptofano: lisina digestíveis de 16% atende às exigências de suínos machos castrados, de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, dos 60 aos 95 kg (HAESE et al., 2006). Para Pereira et al. (2008), o nível de 0,144% de triptofano digestível, correspondente a uma relação com a lisina digestível de 19,2% proporciona melhor resposta de ganho de peso em suínos machos castrados, de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, na fase dos 97 aos 125 kg.

Quando o excesso de triptofano é fornecido via dieta e não é usado para o propósito da síntese proteica, pode ser usado como um suplemento terapêutico, sendo o primeiro precursor da serotonina. Em um estudo sobre o uso de triptofano suplementar para modificar o comportamento de suínos, Li et al. (2006) obtiveram como resultado que períodos curtos de elevados níveis dietéticos de triptofano poderia ser usado para diminuir a agressividade, mas níveis elevados parecem evitar situações estressantes. Em um estudo realizado por Shen et al. (2012),

a suplementação dietética de L-triptofano afetou o comportamento dos suínos, embora comportamentos agressivos não foram influenciados, além de que melhorou o desempenho sob estresse social, que foi associado com o aumento da produção hipotalâmica de 5-hidroxitriptamina (5-HT), redução das concentrações de hormônio do estresse e diminuição da peroxidação lipídica sistêmica e hipotalâmica.

Salzer et al. (2013) determinaram a relação triptofano:lisina para suínos em crescimento e terminação, em dietas contendo 30% de grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) e indicaram um requerimento de 16,5% e 19,5% triptofano:lisina, 36-70 kg e 70-130 kg, respectivamente.

Barea et al. (2009a) estudaram a relação de exigência valina:lisina e digestibilidade ileal padronizada (DIS), para leitões entre 12 e 25 kg e obtiveram a relação de 70% valina:lisina, um pouco maior do que a relação atual do National Research Council (NRC).

Realizando três experimentos para determinar o quinto aminoácido limitante para suínos, com 36 marrãs separadas individualmente e dietas contendo 16, 12 e 11% de proteína bruta, suplementadas com histidina, isoleucina e valina, Figueroa et al. (2003) sugeriram a valina como o quinto aminoácido limitante para suínos.

Gaines et al. (2006) demonstraram em sua pesquisa com matrizes em lactação, que uma relação valina:lisina superior a 0,86 não melhorou a taxa de crescimento dos leitões, mas uma relação de 0,73 pode comprometer a taxa de ganho de peso da leitegada. Gaines et al. (2011) determinaram a relação valina:lisina digestível ileal padronizada para suínos, de 13 a 32 kg, com três experimentos: 162 leitões desmamados aos 17 dias de idade, 54 machos castrados (21,4 kg) alojados individualmente para um ensaio de crescimento e 147 machos castrados (13,5 kg) foram alimentados com dietas idênticas. Com as estimativas das exigências combinadas, os dados indicam que uma DIS valina: Lisina de 65% parece adequada para manter o desempenho de suínos entre 13-32 kg.

Lohmann et al. (2012) avaliaram níveis de valina digestível para suínos machos castrados, dos 15 aos 30 kg de peso, em um experimento com 20 animais em gaiolas de metabolismo e outro com 40 suínos no desempenho e determinaram que o nível de 0,748% de valina foi o mais adequado, ao se considerar o parâmetro nitrogênio (N) retido:N absorvido apresentando efeito quadrático para a excreção total de N.

A exigência de valina DIS é entre 0,56 a 0,58%, já a relação valina: lisina DIS compreende um intervalo de 0,67 a 0,70; e o requerimento de isoleucina DIS adequado é de 0,43% (0,52 de relação isoleucina: lisina DIS) para suínos de 20 a 45 kg (WAGUESPACK et al., 2012).

Barea et al. (2009b) avaliaram a resposta de leitões com a suplementação de isoleucina, com peso de 23 kg, sob diferentes condições nutricionais e relataram uma relação isoleucina:lisina DIS não maior do que 50% nos animais que receberam cereal e dieta à base de farelo de soja com um moderado conteúdo de aminoácidos de cadeia ramificada.

Em um experimento com fêmeas suínas mestiças de alto potencial genético, dos 15 aos 30 kg, níveis de 0,45 a 0,73% de isoleucina digestível não influenciaram as características de carcaça e peso de órgãos dos animais. Houve efeito quadrático dos níveis de isoleucina digestível sobre a eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, com aumento até o nível 0,506%; cuja relação isoleucina: lisina digestível foi de 0,51 (CASTILHA et al., 2012).

Kerr et al. (2004) verificaram a necessidade e relação de isoleucina para suínos, com 7 a 11 kg de peso corporal, com dois experimentos: o primeiro os animais foram alimentados com uma dieta contendo 1,25% de lisina digestível (15% a mais em relação ao outro), e suplementados com isoleucina cristalina (0,06% de incremento), 0,03% a menos de incremento, respectivamente. Nesse estudo, os autores estimaram 9,9 mg de isoleucina digestível por grama de ganho de peso, pelos resultados no consumo médio diário (CMD) e ganho diário de peso (GDP) e concluíram que as recomendações podem ser menores comparadas ao NRC atual, quando se

leva em conta o consumo e ganho.

A exigência de isoleucina digestível verdadeira para suínos em crescimento, com peso de 25 a 40 kg é de 0,50% da dieta, ou 1,46 g/Mcal de energia metabolizável (PARR *et al.*, 2003). Para Dean *et al.* (2005), a exigência de isoleucina digestível ileal verdadeira, para suínos machos castrados de 80 a 120 kg para maximizar o desempenho, com uma dieta de milho e células sanguíneas não é inferior a 0,34% da dieta, mas pode ser reduzida até 0,24%, em uma dieta de farelo de soja e milho.

O nível de 0,60% de isoleucina digestível é recomendado para maximizar o desempenho e a taxa de deposição de proteína na carcaça de suínos machos castrados, dos 15 aos 30 kg de peso corporal alimentados com rações com 14,13% de proteína bruta. A exigência de isoleucina digestível é de 5,86 g/dia (LAZZERI, 2011).

Segundo Partridge (1985), os aminoácidos industriais adicionados à dieta são absorvidos mais rapidamente em relação àqueles presentes nos alimentos, o que pode gerar desequilíbrio nos locais de síntese de proteína e das relações entre aminoácidos. Assim, o adequado balanceamento aminoacídico na dieta quando se trabalha com baixa proteína bruta e quantidade significativa de aminoácidos sintéticos na ração é importante para o melhor aproveitamento do nitrogênio exógeno pelos animais.

Estudos comprovam que dietas com menor teor de PB reduzem as excreções de nitrogênio (LE BELLEGO & NOBLET, 2002), as concentrações de amônia (BIKKER *et al.*, 2006), a fermentação proteica e a incidência de diarreia (HEO *et al.*, 2008). Quando a redução de proteína bruta é superior a quatro pontos percentuais em dietas para leitões, suplementadas com aminoácidos sintéticos e limitantes como a lisina, metionina, treonina e triptofano, o desempenho dos animais pode ser limitado por alguns aminoácidos, como valina e isoleucina (FIGUEROA *et al.*, 2002; NYACHOTI *et al.*, 2006).

De acordo com Kerr & Easter (1995), em dietas para leitões a exigência de PB pode ser reduzido em até 4% desde que corrigidos os teores dos principais

aminoácidos limitantes (lisina, metionina e treonina). A redução da proteína bruta de 24% para 19% em dieta para leitões desmamados aos 21 dias de idade não influenciou o desempenho, o pH do estômago e as variáveis morfológicas do trato gastrointestinal, desde que suplementada com metionina, treonina, triptofano, valina e isoleucina industriais (GIROTTO JÚNIOR *et al.*, 2013).

Suínos provenientes de diferentes grupos genéticos não possuem a mesma capacidade de conversão alimentar de proteína e podem exigir diferentes quantidades de nutrientes para atingir seu máximo potencial genético. Suínos com alta taxa de ganho proteico exigem maior consumo de aminoácidos, principalmente lisina, para exteriorizar todo o seu potencial (BATISTA *et al.*, 2011).

Diferenças na capacidade de síntese de tecido magro foram observadas em linhagens com diferente potencial para deposição de carne na carcaça (PUPA *et al.*, 2001). Com isso, suínos com genótipos superiores exigem uma quantidade de proteína e aminoácidos na ração maior para atingir alta taxa de deposição de proteína, conseqüentemente, quanto maior a capacidade de depositar carne magra, maior a exigência diária de lisina para maximizar seu desempenho e a taxa de deposição proteica (ROSSONI *et al.*, 2009).

Segundo Kiefer *et al.* (2005), as variações nas relações de aminoácidos, entre eles, metionina+cistina:lisina observadas em diferentes estudos podem estar associados a fatores como o genótipo dos animais, o ambiente, sexo, o tipo de alimento que compõe as dietas experimentais, a digestibilidade real dos aminoácidos e o nível de lisina das dietas experimentais.

Levando em consideração, que o estado sanitário, sexo, genética, idade do animal e níveis nutricionais são fatores que afetam a necessidade de aminoácidos em suínos, existe uma grande variação entre os valores de aminoácidos digestíveis encontrados na literatura (POZZA *et al.*, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um único aminoácido impede o máximo aproveitamento de outro, implicando na síntese proteica/aminoacídica e nas relações entre os

aminoácidos. Quando esse é um limitante, a sua falta na dieta determina o excesso ou carência de outro, que no caso será oxidado, ou então, desbalanceamento ou deficiência de aminoácidos limitantes gera um maior catabolismo de moléculas e diminui o processo de anabolismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; LAWRENCE, B. V.; CLINE, T. R. Availability of amino acids for 10-to 20-kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. **Journal of animal science**, v. 72, n. 8, p. 2061-2067, 1994.
- AJINOMOTO – Boletim Técnico 10. **Exigências de treonina para suínos. Benefícios da suplementação de L-treonina**. 2003. Acessado em 29/04/2015. Online. Disponível em: www.lisina.com.br.
- ALMEIDA SANTOS, F.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; DE ABREU, M. L. T.; SARAIVA, A. Níveis de treonina digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 526-531, 2010.
- ALMEIDA SANTOS, F.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; DE ABREU, M. L. T.; SARAIVA, A. Níveis de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1038-1044, 2011a.
- ALMEIDA SANTOS, F.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; DE ABREU, M. L. T.; SARAIVA, A. Levels of digestible methionine+ cystine in diets for high genetic potential barrows from 95 to 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 581-586, 2011b.
- ARAÚJO, W. A. G.; SOBREIRA, G. F. PROTEÍNA IDEAL COMO ESTRATÉGIA NUTRICIONAL NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 537-545, 2008.
- BAKER, D.H. Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions. **Poultry Science**, v.70, p. 1797-1805, 1991.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; FLOC'H, L.; PRIMOT, Y.; MELCHIOR, D.; VAN MILGEN, J. The standardized ileal digestible valine-to-lysine requirement ratio is at least seventy percent in postweaned piglets. **Journal of animal science**, v. 87, n. 3, p. 935-947, 2009a.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; FLOC'H, L.; PRIMOT, Y.; VAN MILGEN, J. The standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine requirement ratio may be less than fifty percent in eleven-to twenty-three-kilogram piglets. **Journal of animal science**, v. 87, n. 12, p. 4022-4031, 2009b.
- BATISTA, R.M.; DE OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; DE OLIVEIRA, W.P.; LIMA, A.L.; DE ABREU, M.L.T. Lisina digestível para suínos machos castrados de alta deposição de carne submetidos a estresse por calor dos 30 aos 60kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1925-1932, 2011.
- BATTERHAM, E. S.; ANDERSEN, L. M.; BAIGENT, D. R.; WHITE, E. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 81, 1990.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2ª Edição Lavras: Editora UFLA, 2012. 373 p.
- BERTO, A. D.; WECHSLER, S. F.; NORONHA, C. C. Exigências de treonina de leitões dos 7 aos 12 e dos 12 aos 23 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1176-1183, 2002.
- BIKKER, P.; DIRKZWAGER, A.; FLEDDERUS, J.; TREVISI, P.; LE HUEROU-LURON, I.; LALLES, J. P.; AWATI, A. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 12, p. 3337-3345, 2006.
- BRUMANO, G.; GATTÁS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 3, p. 918-940, 2009.
- CASTILHA, L. D.; POZZA, P. C.; NUNES, R. V.; LAZZERI, D. B.; SOMENSI, M. L.; POZZA, M. S. D. S. Levels of digestible isoleucine on performance, carcass traits and organs weight of gilts (15-30 KG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 4, p. 446-453, 2012.
- COLONI, R. D. **O Papel da Fitase na Alimentação de Suínos**. 2013. Coordenada por Revista Agropecuária. Disponível em: <http://www.>

- revistaagropecuaria.com.br/2011/12/15/o-papel-da-fitase-na-alimentacao-de-suinos/>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- CORASSA, A.; KIEFER, C.; GONÇALVES, L. M. P. Planos nutricionais de lisina para suínos da fase inicial a terminação. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 533-542, 2013.
- DEAN, D. W.; SOUTHERN, L. L.; KERR, B. J.; BIDNER, T. D. Isoleucine requirement of 80-to 120-kilogram barrows fed corn-soybean meal or corn-blood cell diets. **Journal of animal science**, v. 83, n. 11, p. 2543-2553, 2005.
- DUARTE, K. F. **Critérios de avaliação das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade**. 2009. 138 f. Tese (Doutorado) - UNESP, Jaboticabal, 2009.
- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; GÓMEZ, R. S.; DIEDRICHSEN, R. M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 2911-2919, 2002.
- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; DIEDRICHSEN, R. M. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. **Journal of animal science**, v. 81, n. 6, p. 1529-1537, 2003.
- FORTES, E. I.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SARAIVA, A.; SILVA, F. C. D. O.; SOUZA, M. F. D. Sequências de lisina digestível para suínos de duas linhagens selecionadas para alta deposição de carne. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 480-490, 2012.
- GAINES, A. M.; BOYD, R. D.; JOHNSTON, M. E.; USRY, J. L.; TOUCHETTE, K. J.; ALLEE, G. L. The dietary valine requirement for prolific lactating sows does not exceed the National Research Council estimate. **Journal of animal science**, v. 84, n. 6, p. 1415-1421, 2006.
- GAINES, A. M.; KENDALL, D. C.; ALLEE, G. L.; USRY, J. L.; KERR, B. J. Estimation of the standardized ileal digestible valine-to-lysine ratio in 13-to 32-kilogram pigs. **Journal of animal science**, v. 89, n. 3, p. 736-742, 2011.
- GATTÁS, G.; SILVA, F. C. O.; BARBOSA, F. F.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M. Níveis de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados dos 60 aos 100 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 91-97, 2012.
- GIROTTO JÚNIOR, C. J.; BRUSTOLINI, P. C.; SILVA, F. C. O.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; NALON, P. M.; MOUTINHO, J. V. Suplementação de aminoácidos para redução da proteína bruta em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 4, p.1131-1138, 9 jan. 2013.
- HAESE, D.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; LOBÃO, M.; DE ABREU, T.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; SARAIVA, A. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec**, v. 35, n. 6, p. 2309-2313, 2006.
- HENRY, Y.; SEVE, B.; COLLÉAUX, Y.; GANIER, P.; SALIGAUT, C.; JÉGO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1873-1887, 1992.
- HEO, J. M.; KIM, J. C.; HANSEN, C. F.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J.; PLUSKE, J. R. Effects of feeding low protein diets on plasma urea nitrogen, faecal ammonia nitrogen, the incidence of diarrhoea and performance after weaning. **Archives of Animal Nutrition**, v. 62, p. 343-358, 2008.
- HTOO, J., WILTAFSKY, M. K. Roles, metabolism y antagonismos de aminoácidos de cadena ramificada en la nutrición animal. **AminoNews**, v. 16, n. 1, p. 25-32, 2011.
- KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect feeding reduced protein aminoacid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science** , v.73, n.10,p.3000-3008, 1995.
- KERR, B. J.; KIDD, M. T.; CUARON, J. A.; BRYANT, K. L.; PARR, T. M.; MAXWELL, C. V.; CAMPBELL, J. M. Isoleucine requirements and ratios in starting (7 to 11 kg) pigs. **Journal of animal science**, v. 82, n. 8, p. 2333-2342, 2004.

- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; SILVA, F. C. D. O.; BRUSTOLINI, P. C. Exigência de metionina + cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 34, n. 3, p. 847-854, 2005.
- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; CARRIJO, A. S.; SILVA, F. C. D. O. Níveis de treonina digestível em dietas para fêmeas suínas de alto potencial genético em lactação sob condições de alta temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 05, p. 1331-1339, 2007.
- KIM, B. G.; LINDEMANN, M. D.; RADEMACHER, M.; BRENNAN, J. J.; CROMWELL, G. L. Efficacy of-methionine hydroxy analog free acid and-methionine as methionine sources for pigs. **Journal of animal science**, v. 84, n. 1, p. 104-111, 2006.
- KOVAR, J.L.; LEWIS, A. J.; RADKE, T. R.; MILLER, P. S. Bioavailability of threonine in soybean meal for young pigs. **Journal of Animal Science**, v.71,p.2133-2139, 1993.
- LAZZERI, D. B. **Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v. 7, p. 45-58, 2002.
- LEWIS, A. J. Amino acids in swine nutrition. **Swine nutrition**, v. 2, p. 131-141, 1991.
- LI, Y. Z.; KERR, B. J.; KIDD, M. T.; GONYOU, H. W. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. **Journal of animal science**, v. 84, n. 1, p. 212-220, 2006.
- LITVAK, N.; RAKHSHANDEH, A.; HTOO, J. K.; DE LANGE, C. F. M. Immune system stimulation increases the optimal dietary methionine to methionine plus cysteine ratio in growing pigs. **Journal of animal science**, v. 91, n. 9, p. 4188-4196, 2013.
- LOHMANN, A. C.; POZZA, P. C.; POZZA, M. D. S.; NUNES, R. V.; CASTILHA, L. D.; POSSAMAI, M.; LAZZERI, D. B. Níveis de valina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 267-278, 2012.
- MORETTO, V.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; FONTES, D. D. O. Níveis dietéticos de lisina para suínos da raça Landrace dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(3):803-809, 2000.
- MOTTA, V. T. **Bioquímica Básica**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2005. 332 p.
- MOTTA, V. T. **Bioquímica Básica**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2005. 332 p.
- LEAL, E.S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)– Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- MURAKAMI, A.E. Nutrição e alimentação de codornas japonesas em postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002. Recife, **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. 11.ed. Washington: National Academy, 2012. 400p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica: Lehninger**. Omega, 2014.
- NEME, R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; TOLEDO, R. S. Determinação da Biodisponibilidade da Lisina Sulfato e Lisina HCl com Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1750-1759, 2001.
- NYACHOTI, C. M.; OMOGBENIGUN, F. O.; RADEMACHER, M.; BLANK, G. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 125-134, 2006.
- OLIVEIRA, A. L. S. D.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. D. O.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; ABREU, M. L. T. D.; PEREIRA, A. A.; SCOTTÁ, B. A. Lisina digestível em dietas para suínos machos castrados de alto potencial Genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 4, 2014.
- OLIVEIRA, A. L. S. D.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O.; HAESE, D. Exigência de lisina

- digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2338-2343, 2006.
- ORLANDO, U.A.D. **Nível de proteína bruta da ração e efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de leitoas em crescimento.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- PARR, T. M.; KERR, B. J.; BAKER, D. H. Isoleucine requirement of growing (25 to 45 kg) pigs. **Journal of animal science**, v. 81, n. 3, p. 745-752, 2003.
- PARTRIDGE, I.G.; LOW, A.G.; KEAL, H.D. A note on the effect of feeding frequency on nitrogen use in growing boars given diets with varying levels of free lysine. **Animal Production**, v.40,n.2, p.375-377, 1985.
- PEDROZO, S. A. **Níveis de lisina e relações treonina: lisina no desempenho e metabolismo de leitões desmamados.** 2002. 142 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- PENA, S. D. M.; LOPES, D. C.; ROSTAGNO, H. S.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; DONZELE, J. L. Relações metionina mais cistina digestível: lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1978-1983, 2008.
- PEREIRA, A. A.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M.; DE ABREU, M. L. T.; DE OLIVEIRA SILVA, F. C.; DOS SANTOS MARTINS, M. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1984-1989, 2008.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; LEÃO, M. I.; SANTOS, M. S. D.; RODRIGUEIRO, R. J. B. Exigência de treonina para leitoas dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 817–822, 2000.
- PRANDINI, A. L. D. O.; SIGOLO, S.; MORLACCHINI, M.; GRILLI, E.; FIORENTINI, L. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing–finishing pigs. **Journal of animal science**, v. 91, n. 9, p. 4226-4234, 2013.
- PUPA, J.M.R.; ORLANDO, U.A.D.; DONZELE, J.L. Requerimentos nutricionais de suínos nas condições brasileiras. In: WORKSHOP LATINO AMERICANO BIOLATINA, NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...Foz do Iguaçu: 2001.** p.143-153.
- RODRIGUES, N. E. B.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; RODRIGUES FILHO, M.; ORLANDO, U. A. D. Níveis de treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2039-2045, 2001.
- ROSSONI, M. C.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. O.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; ABREU, M. L. L. T.; SANTOS, F. D. A.; PEREIRA, C. M. C. Exigência de lisina digestível de fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne magra, na carcaça dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p.586-595, 2009.
- SALYER, J. A.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Effects of standardized ileal digestible tryptophan: lysine in diets containing 30% dried distillers grains with solubles on finishing pig performance and carcass traits. **Journal of animal science**, v. 91, n. 7, p. 3244-3252, 2013.
- SARAIVA, E. P.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. O.; VAZ, R.; SIQUEIRA, J. C.; OLIVEIRA, W. P. Níveis de treonina Digestível em rações para leitoas dos 15 aos 30 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 485-490, 2006.
- SERAO, M. C. R.; DONZELE, J. L.; SILVA, F.; OLIVEIRA, R.; FERREIRA, A. S.; KILL, J. L.; APOLÔNIO, L. R. Níveis de lisina digestível de fêmeas suínas selecionadas para deposição de carne magra na carcaça dos 30 aos 60 kg. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.2, p.433-443 abr./jun., 2012. ISSN 1519 9940.
- SHEN, Y. B.; VOILQUE, G.; KIM, J. D.; ODLE, J.; KIM, S. W. Effects of increasing tryptophan intake on growth and physiological changes in nursery pigs. **Journal of animal science**, v. 90, n. 7, p. 2264-2275, 2012.

- SOBRINHO, D. C. D. S.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, G. M.; RONEER, M. N. B.; FERREIRA, A. S.; DE OLIVEIRA, A. G.; DOS SANTOS, W. G.; DA SILVA MORAIS, J. A. Lisina digestível para suínos machos castrados submetidos a estresse por calor dos 95 aos 115 kg. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, 2013.
- SOLBERG, J., BUTTERY, P.J., BOORMAN, K.N. Effect of moderate methionine deficiency on food, protein and energy utilization in the chick. **British Poultry Science**, v. 12, p.297-304, 1971.
- TAVERNARI, F. DE. C. **Atualização da proteína ideal para frangos de corte: valina e isoleucina**. 2010. 75 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- VIDAL, T. Z. B. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100 kg. **Arq. Bras. Med**, v. 62, n. 4, p. 914-920, 2010.
- VIEIRA VAZ, R. G. M.; OLIVEIRA, R.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F.; KIEFER, C.; RESENDE, W Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1633-1639, 2005.
- VIEIRA VAZ, R. G. M.; OLIVEIRA, R.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F.; KIEFER, C.; RESENDE, W Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1633-1639, 2005.
- WAGUESPACK, A. M.; BIDNER, T. D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Valine and isoleucine requirement of 20-to 45-kilogram pigs. **Journal of animal science**, v. 90, n. 7, p. 2276-2284, 2012.
- WALTON, M.J. **Aspects of amino acid metabolism in teleost fish**. In: COWEY, C.B.; MACKIE, A.M.; BELL, J.G. Nutrition and feeding in fish. London: Academic Press, 1985, p. 47-67.
- ZHU, C. L.; RADEMACHER, M.; DE LANGE, C. F. M. Increasing dietary pectin level reduces utilization of digestible threonine intake, but not lysine intake, for body protein deposition in growing pigs. **Journal of animal science**, v. 83, n. 5, p. 1044-1053, 2005.