

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA

RELAÇÃO ISOLEUCINA: LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES COM
DIFERENTES NÍVEIS DE LEUCINA PARA LEITÕES DOS 35 AOS 49 DIAS
DE IDADE

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48r
2013

Oliveira, João Paulo de, 1988-

Relação isoleucina : lisina digestível em rações com diferentes níveis de leucina para leitões dos 35 aos 49 dias de idade / João Paulo de Oliveira. – Viçosa, MG, 2013.

viii, 34f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Nutrição. 2. Aminoácidos na nutrição animal.
3. Nutrição - Exigências. 4. Suíno - Registros de desempenho.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

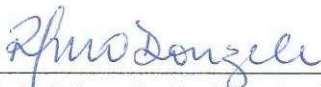
CDD 22. ed. 636.4

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA

RELAÇÃO ISOLEUCINA: LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES COM
DIFERENTES NÍVEIS DE LEUCINA PARA LEITÕES DOS 35 AOS 49 DIAS
DE IDADE

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

APROVADA: 29 de Julho de 2013



Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele
(Coorientadora)



Melissa Izabel Hannas
(Coorientadora)



Francisco Carlos de Oliveira Silva



Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

*À Deus, pela vida e pela proteção,
Aos meus pais Antônio Sérgio e Silvânia pelo apoio e amor dispensados,
Ao meu irmão Guilherme pelo carinho e incentivo,
À minha vó Maria de Lourdes pela sabedoria e pelas orações,
Aos meus amigos e demais familiares,*
Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Silvânia pelas noites de sono perdidas, pelas orações, pelos conselhos e por sempre ter acreditado que meus objetivos seriam cumpridos. Minha vida!

Ao meu pai Antônio Sérgio por ter lutado bravamente pra que nada me faltasse, por ter me ensinado como seria a vida fora da proteção do lar, e pelas dicas valiosas. Muito obrigado Pai!

Ao meu irmão Guilherme pelo exemplo de caráter, pelo incentivo e por sempre ter me dado forças quando mais precisei, e como precisei. Te amo Gui!

A minha querida vó Maria de Lourdes pela disciplina e por ter me ensinado que a fé em Deus é a base de toda conquista.

Aos demais familiares pela torcida, conselhos e orações dispensados.

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

Aos colegas da pós-graduação Gabriel, Leandro, Cíntia, Serginho, Paulo Henrique, Matheus, Jéssica, Marcos, Érica, Aline, Diego, Amanda, Cândida, Tarcizo e em especial ao Eric Albino por estar à disposição sempre que precisei e por trazer a paz em momentos turbulentos.

Ao professor Juarez Donzele pela amizade, pelos anos de orientação, pelos conselhos e por despertar a curiosidade e a vontade de pesquisar.

A professora Melissa Hannas, ao Dr. Francisco C. de Oliveira Silva e a professora Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele pela participação da banca examinadora, pelas sugestões e colaborações científicas.

Aos funcionários do setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia, Chico, Marreco, Raimundo, Tãozinho, Valdeir, Vítor e Alessandro pelo apoio na condução do experimento, pelos vários momentos de descontração e ensinamentos. Em especial ao Dedeco ao qual sem suas dicas, experiência, dedicação e amizade não seria possível a realização do experimento.

Aos colaboradores Rodrigo, Leonardo, Melissa e Ruy, pelo auxílio indispensável e dedicação na condução do experimento.

Aos amigos companheiros da ZOO 2007, em especial ao Luiz Henrique, Willian, Alex, Daniel (Chu) e Leandro pelos anos de estudos a fio e pelo companheirismo.

Aos antigos e inesquecíveis companheiros do 2112 onde construí grande parte da minha história.

Aos amigos Vinícius (V9), Édimo (Gordo) e Rafael Petruceli e aos companheiros da República Previdência (Edinho, Faco e Fagner) pelos momentos de lazer que muito contribuíram para a minha formação.

Ao Mateus Bueno por ter me ensinado quais caminhos seriam melhores pra chegar até aqui, pela grande amizade de sempre e pelos valiosos conselhos.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia pela dedicação e atenção de sempre.

A todos que de alguma forma contribuíram para essa conquista, meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA, filho de Antônio Sérgio de Oliveira e Silvânia Gomes de Oliveira, nasceu em 02 de agosto de 1988, em Ponte Nova, Minas Gerais.

Em março de 2007 iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2012.

Em março de 2012 ingressou no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, concentrando seus estudos na área de nutrição e produção de monogástricos, submetendo-se a defesa de tese em 29 de julho de 2013.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	vii
Abstract	viii
Introdução geral	1
Revisão de literatura	3
Referências bibliográficas	10

RELAÇÃO ISOLEUCINA: LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES COM DIFERENTES NÍVEIS DE LEUCINA PARA LEITÕES DOS 35 AOS 49 DIAS DE IDADE

Resumo	14
Abstract	15
Introdução	16
Material e métodos	18
Resultados e discussão	23
Conclusão	28
Referências bibliográficas	29

RESUMO

OLIVEIRA, João Paulo de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013.
Relação isoleucina: lisina digestível em rações com diferentes níveis de leucina para leitões dos 35 aos 49 dias de idade. Orientador: Juarez Lopes Donzele.
Coorientadores: Melissa Izabel Hannas e Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

Objetivou-se com este estudo avaliar as relações isoleucina: lisina digestível em rações para leitões dos 35 aos 49 dias de idade com diferentes níveis de leucina. Foram utilizados 192 leitões, machos castrados e fêmeas, de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça com peso inicial de $9,94 \pm 0,4$ Kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, por oito tratamentos em esquema fatorial 4x2 [4 relações isoleucina:lisina digestível (49, 53, 57 e 61%) e 2 níveis de leucina digestível (1,271 e 1,502%)], com oito repetições e três animais por gaiola, que foi considerada a unidade experimental. Não houve interação entre as relações isoleucina: lisina digestível e os níveis de leucina digestível. Não foi observado efeito significativo das relações isoleucina: lisina digestível sobre os parâmetros de desempenho avaliados. Entretanto a CA alimentar e o GPD foram influenciados pelo nível de leucina digestível, onde o tratamento com o menor nível (1,271%) proporcionou o melhor valor. Não se constatou variação significativa das relações isoleucina: lisina digestível, assim como dos níveis de leucina digestível sobre os níveis sorológicos de uréia. Do mesmo modo, não foi observado alteração na deposição de proteína e gordura na carcaça em função da variação das relações isoleucina: lisina digestível e dos níveis de leucina digestível. Conclui-se que a relação isoleucina: lisina digestível na ração de 49% é adequada para leitões na fase inicial de crescimento, e que o aumento do nível de leucina influencia negativamente o desempenho dos leitões sem alterar o seu padrão de resposta quanto a relação isoleucina: lisina digestível da ração.

ABSTRACT

OLIVEIRA, João Paulo de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Relationship isoleucine: lysine in diets with different levels of leucine to piglets from 35 to 49 days old.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Melissa Izabel Hannas and Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

The objective of this study was to evaluate the relationship isoleucine: lysine digestible in diets for pigs from 35 to 49 days of age with different levels of digestible leucine. We used 192 pigs, steers and heifers of high genetic potential for lean deposition in the carcass with initial weight of 9.94 ± 0.4 kg. The animals were divided into experimental design of randomized blocks of eight treatments 4x2 factorial [4 relations isoleucine: lysine digestible (49, 53, 57 and 61%) and 2 levels of digestible leucine (1.271 and 1.502%)], with eight replications and three animals per cage, which was considered the experimental unit. There was no interaction between the relations isoleucine: lysine and leucine levels. There was no significant effect of relationships isoleucine: lysine on the performance parameters evaluated. However the CA food and GPD were influenced by the level of digestible leucine, whereas treatment with the lowest level (1.271%) gave the best value. There was no significant variation relations isoleucine: lysine, and digestible leucine levels on the serum levels of urea. Similarly, there was no change in the deposition of protein and fat in the carcass depending on relations variation isoleucine: lysine and digestible leucine levels. We conclude that the relationship isoleucine: lysine digestible of 49% is suitable for piglets growth, and that the increased level of digestible leucine effect on performance of piglets without changing the pattern of response as the relationship isoleucine: lysine digestible.

INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura moderna, de forma geral, tem sido cada vez mais direcionada no sentido de maximizar a deposição de carne magra na carcaça dos suínos, otimizando a utilização dos nutrientes.

Por décadas, as rações para suínos foram formuladas baseando-se no conceito de proteína bruta, o que acarretava em dietas com excesso ou deficiência de determinados aminoácidos comprometendo o desempenho dos animais e causando danos ao meio ambiente.

A quantidade de aminoácidos que é fornecida acima das necessidades não pode ser armazenada no corpo e, assim, todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto carbônico na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (Larbier & Leclercq, 1994), onde o gasto de energia dispensado para realizar essa função contribui para reduzir a eficiência de deposição proteica pelos animais.

Atualmente adota-se o conceito de proteína ideal que conforme Parsons & Baker (1994), é aquela que possui o equilíbrio ideal dos aminoácidos capaz de fornecer, sem deficiências ou excessos, as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e crescimento do animal. A aplicação deste conceito permite a formulação de rações com menor nível protéico, através da suplementação com aminoácidos industriais, sem comprometimento do desempenho animal e reduzindo a excreção de nitrogênio para o meio ambiente.

A disponibilidade econômica dos aminoácidos industriais (lisina, metionina, treonina, triptofano, valina e isoleucina) para suínos, assim como a melhor avaliação dos ingredientes e dos requerimentos nutricionais, permitem aos nutricionistas formularem rações com menores níveis protéicos e, por ser a proteína o nutriente mais caro da ração, a redução proteica torna-se uma das vias de possível melhoria dos custos de produção (Moura, 2004).

As vantagens de se utilizar rações com baixos teores de proteína, tanto no aspecto ambiental quanto da saúde animal, fez com que a suplementação de aminoácidos industriais nas rações de suínos nas diferentes fases de desenvolvimento

tornasse uma prática rotineira. Entretanto, conforme os relatos de Le Bellego & Noblet et al. (2002) a redução acentuada da concentração protéica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos como, por exemplo, a valina e a isoleucina.

Dessa forma, o limite da redução de proteína nas rações depende da disponibilidade do aminoácido industrial associado à viabilidade econômica de sua utilização. Como atualmente no mercado há disponibilidade dos aminoácidos L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano e L-valina, o aminoácido isoleucina que é o sexto limitante nas rações a base de milho e farelo de soja para suínos, passou ser o limitador da redução da proteína bruta das rações.

A determinação da relação ideal da isoleucina com a lisina digestível na proteína ideal passou a ser prioritário para viabilizar a utilização da valina nas rações dos suínos. Considerando-se ainda o conhecido antagonismo que ocorre entre os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, valina e isoleucina) conforme relatado por Wiltafsky et al. (2009), os estudos na determinação da relação ideal da isoleucina com a lisina deve considerar a possível influência desse antagonismo, principalmente ao nível de leucina, na determinação da relação isoleucina: lisina na proteína ideal de suínos.

Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar a relação isoleucina: lisina digestível em rações contendo diferentes níveis de leucina, para leitões de alto potencial genético dos 35 aos 49 dias de idade.

Esta dissertação foi escrita em capítulos de acordo com as normas para feitura de tese da Universidade Federal de Viçosa.

REVISÃO DE LITERATURA

O conceito de Proteína Ideal

Durante muitos anos, as formulações de rações para animais monogástricos foram baseadas no conceito de proteína bruta, o que resultava em dietas com conteúdo de aminoácidos acima do exigido pelos animais, que requer um gasto maior de energia para sua desaminação e eliminação, reduzindo a eficiência de deposição protéica dos animais. A menor eficiência de utilização dos aminoácidos implica em aumento dos custos com a alimentação, que por sua vez uma vez, conforme Suida (2007), representam cerca de 75% do custo total de produção, onde as fontes protéicas contribuem com aproximadamente 25% deste custo.

Com o avanço tecnológico na fabricação de aminoácidos industriais e a acessibilidade de custo ao uso destas fontes, a eficiência de utilização da proteína nas rações passou a otimizar a produção (Jordão Filho, 2004). Nesse sentido, a partir de meados de 1960, os nutricionistas empenharam-se em determinar as exigências nutricionais dos animais, com vistas, principalmente, às necessidades de proteína dietética.

Mitchel (1964) estabeleceu o conceito de proteína ideal, onde essa seria uma mistura de aminoácidos ou proteína com disponibilidade total na digestão e metabolismo, cuja composição seria idêntica às exigências do animal para manutenção e crescimento.

Segundo Parsons & Baker (1994), proteína ideal é aquela que possui o equilíbrio ideal dos aminoácidos capaz de fornecer, sem deficiências ou excessos, as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e crescimento do animal.

Nesse conceito, todos os aminoácidos indispensáveis são expressos como relações ideais ou porcentagem, em função de um aminoácido referência. Desta forma, as exigências de todos os aminoácidos podem ser estimadas rapidamente, à medida que as exigências do aminoácido referência sejam estabelecidas.

O aminoácido utilizado como referência é a lisina (ARC, 1981; Parsons & Baker, 1994; Cuarón, 2000). A lisina é usada como aminoácido referência, pois possui

seu metabolismo orientado principalmente para a deposição de proteína corporal; a sua análise laboratorial para determinação nos ingredientes, rações e tecidos é precisa; o conhecimento da sua exigência para todas as fases de produção animal encontra-se disponível e sua suplementação é economicamente viável nas dietas de aves e suínos, sendo o primeiro limitante para suínos e segundo para aves.

A aplicação do conceito de proteína ideal permite, além de reduzir o custo da ração a partir da redução do nível protéico, diminuir a emissão de poluentes no ambiente por meio da melhor utilização dos nutrientes, onde a excreção de nitrogênio pelo animal é minimizada (Van Heugten & Van Kempen, 1999).

A principal vantagem da aplicação do conceito de proteína ideal é que a relação entre os aminoácidos se mantém idêntica, independente do potencial genético dos animais, mesmo que as exigências sejam diferentes, conforme sexo, idade e capacidade de deposição de tecido magro (Caldara et al., 2001).

Redução do nível de proteína bruta na ração

A aplicação do conceito de proteína ideal permite aos nutricionistas formular rações mais adequadas às exigências nutricionais de cada categoria animal, melhorando a eficiência de utilização dos nutrientes contidos nos alimentos e reduzindo a excreção de resíduos ao meio ambiente, principalmente os nitrogenados.

A disponibilidade econômica dos aminoácidos industriais (lisina, metionina, treonina, triptofano, valina e isoleucina) para suínos, assim como a melhor avaliação dos ingredientes e dos requerimentos nutricionais, permitem aos nutricionistas formularem rações com menores níveis protéicos e, por ser a proteína o nutriente mais oneroso da ração, a redução proteica é uma das alternativas para uma possível melhoria dos custos de produção (Kidd, 2001; Moura, 2004).

De acordo com De la Lata et al. (2002), a redução do nível de proteína bruta e a suplementação de aminoácidos sintéticos, mantendo-se a relação aminoacídica de uma dieta, podem reduzir a emissão de nitrogênio nos dejetos sem prejudicar o desempenho dos animais.

A medida que se reduz a proteína dietética com a adição dos aminoácidos industriais, o ajuste fino da relação ideal dos aminoácidos, se torna mais importante. A ordem de limitação dos aminoácidos nas dietas específicas é que vai determinar quais

são os aminoácidos industriais necessários a serem adicionados, para manter o ótimo balanço dos aminoácidos essenciais.

O balanço entre os aminoácidos essenciais é de grande importância na otimização do crescimento animal e o uso de aminoácidos sintéticos permite uma nutrição mais precisa, sem excessos de proteína bruta.

Trabalhando com suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação, Keer et al. (2004) forneceram rações com níveis decrescentes de proteína bruta (21 até 17%), suplementando ou não aminoácidos sintéticos (lisina, triptofano e treonina), e concluíram que o nível de proteína bruta da ração pode ser reduzido em até 4 pontos percentuais, sem afetar o desempenho dos animais, desde que haja suplementação adequada de aminoácidos.

A acentuada redução na concentração protéica das rações implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos além da lisina, treonina, metionina e triptofano, como por exemplo, a valina e a isoleucina (Le Bellego & Noblet, 2002).

Exigência de Isoleucina para os suínos

A isoleucina é um aminoácido de cadeia ramificada, assim como a valina e a leucina, sendo essa cadeia lateral alifática, e é composta por substâncias bioquímicas extremamente hidrofóbicas, que são encontradas primariamente no interior de proteínas e enzimas. Essa hidrofobia faz com que a isoleucina seja um excelente contribuinte na formação de estruturas terciárias e quaternárias das proteínas.

Tanto a isoleucina quanto a valina são sintetizadas a partir do mesmo precursor, o piruvato. Numa reação dependente de tiamina pirofosfato, tendo como catalisador a piruvato descarboxilase e uma transcetolase, o piruvato é convertido em hidroxietil. Nesse ponto, caso o hidroxietil se condense com mais uma molécula de piruvato, dando origem ao acetolactato, o produto final da síntese será o aminoácido valina. Caso a condensação ocorra com o cetobutirato, haverá a formação de isoleucina (Nelson & Cox, 2012).

A baixa quantidade de isoleucina em grãos de cereais (milho, sorgo e trigo) e farelo de soja, misturados à dieta de suínos, indica que este pode ser um aminoácido potencialmente limitante, ocupando o sexto lugar entre os limitantes quando há redução acentuada na proteína bruta da dieta (Liu et al., 2000).

Pesquisas para estimar as exigências de isoleucina para suínos jovens são escassas (Kerr et. al., 2004), particularmente em dietas de baixa proteína, entretanto nos últimos 10 anos, têm sido realizadas várias estimativas de exigências para isoleucina na literatura (Jorgensen & Tybirk, 2008).

Figuroa et al. (2003) trabalhando com suínos em crescimento utilizando dietas à base de milho e farelo de soja com baixos níveis de proteína bruta (11%) e com a suplementação de aminoácidos industriais como a L-lisina, DL-metionina, L-treonina e L triptofano para suínos em crescimentos, a valina foi considerada como o 5º e a isoleucina 6º aminoácido limitante.

Fu et al. (2006), ao avaliarem níveis de 0,60 a 0,88% de isoleucina digestível, para suínos machos castrados, dos 12 aos 22 kg, não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho, e concluíram que o nível de 0,60% atendeu às exigências dos animais.

Ao determinar a exigência de isoleucina digestível para suínos dos 6 aos 9 kg, James et al. (2000) concluíram que o requerimento para essa categoria animal foi de 0,69%, cuja a relação de isoleucina:lisina digestível correspondeu a 55%, com base nas variáveis de desempenho. A relação isoleucina: lisina digestível obtida por esses autores, estão em acordo com a relação preconizada por Rostagno et al. (2011).

Por outro lado, Castilha (2011) avaliando níveis de isoleucina digestível de 0,45 a 0,73% na ração, à base de milho e farelo de soja sem adição de farinha de sangue, para fêmeas suínas de 15 aos 30 kg, verificou o melhor nível foi de 0,506% para maior ganho de peso dos animais, que corresponde a uma relação de isoleucina: lisina digestível de 51%.

Lenis & Van Diepen (1997) em experimento com suínos machos castrados, dos 18 aos 40 kg, com redução da proteína bruta (sem adição de farinha de sangue) observaram uma exigência de isoleucina de 0,51%, com base nas variáveis de desempenho.

Parr et al. (2003), ao avaliarem níveis de isoleucina digestível para suínos dos 25 aos 45 kg, obtiveram uma exigência de 0,50%, com base nas variáveis de desempenho e parâmetros sanguíneos. Além disso, os autores obtiveram um maior valor em relação à estimativa fatorial (NRC, 1998).

Para avaliar o efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre o metabolismo de nitrogênio, Lordelo et al. (2008) forneceram dietas que variaram de 0,595 a 0,825% de

isoleucina digestível para suínos dos 5 aos 20 kg, e obtiveram melhores resultados quando utilizaram o nível de 0,63% com base no nitrogênio retido.

Wiltafsky et al. (2009), ao avaliar níveis de isoleucina digestível de 0,36 a 0,72% para suínos machos mestiços, dos 8 aos 25 kg, com ou sem leucina suplementar, sugeriram um nível ótimo de 0,54% isoleucina digestível, com base nas variáveis de desempenho. Entretanto, os autores obtiveram um nível ótimo de 0,59% de isoleucina digestível, para uma ração com excesso de leucina, o que pode ter ocorrido devido ao desequilíbrio entre os aminoácidos isoleucina e leucina, uma vez que ambos possuem estrutura química semelhante, competindo pela absorção intestinal e elevando a exigência de um quando o outro está em excesso.

Lindemann et al. (2010) encontraram que a relação isoleucina: lisina digestível deve ser entre 48 e 52% para o parâmetro de ganho de peso diário. Entretanto, Norgaard & Fernandez (2009) não observaram variação significativa no desempenho de leitões dos 9 aos 22 kg em função da variação na relação isoleucina: lisina digestível que variou de 53 a 62%.

Ao avaliarem níveis de isoleucina digestível de 0,50 a 0,58% para suínos machos e fêmeas, dos 11 aos 23 kg, Barea et al. (2009) não observaram efeito significativo sobre as variáveis de desempenho e concluíram que o nível ideal de isoleucina foi de 0,50%, o menor nível avaliado. Entretanto, os autores relataram que a exigência de isoleucina digestível pode ser ainda menor, para leitões na fase inicial, alimentados à base de milho e farelo de soja.

A suplementação de isoleucina ainda é pouco praticada, uma vez que os custos com a suplementação desse aminoácido geralmente não justificam seu uso. Porém, a necessidade do conhecimento de sua exigência, bem como de leucina, é indiscutível, pois ao reduzir acentuadamente os níveis de proteína bruta das rações, estas podem se tornar limitante aos animais, assim como para tornar possível a utilização da valina. Outro ponto importante a ser considerado é o antagonismo existente entre esses aminoácidos, que pode causar um desbalanceamento nutricional dependendo de seus níveis nos alimentos, principalmente de leucina, alterando a exigência da isoleucina e da valina.

Antagonismo dos aminoácidos de cadeia ramificada

Os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR), leucina, isoleucina e valina são encontrados em todas as fontes de proteína animal (Carvalho, 2005).

Os ACR são semelhantes em estrutura, porém compartilham enzimas comuns para sua transaminação e descarboxilação oxidativa (Harper et al., 1984). De acordo com o relato de Barea et al. (2009) existem indicações de que o excesso de um ACR pode afetar a utilização de outro ACR .

Segundo Taylor et al. (1984), as interações entre os aminoácidos de cadeia ramificada, leucina, valina e isoleucina tem sido demonstrado em várias espécies onde o excesso de leucina na dieta resultou em uma diminuição do consumo voluntário de alimentos e da taxa de crescimento.

As interações entre os ACR tais como o efeito da redução do desempenho pelo excesso de leucina, incluem os seus catabolismos, uma vez que todos os três competem pelas mesmas enzimas que catalizam os primeiros dois passos do catabolismo (Wiltafsky et al., 2010).

Conforme relatado por Wiltafsky et al. (2010), a primeira etapa do catabolismo é uma transaminação reversível catalisada pelo *aminoácido de cadeia ramificada transaminase* (ACRT) isoenzima, produzindo α -cetoácidos de cadeia ramificadas que, na segunda etapa, são oxidativamente descarboxilados por um complexo multienzimático mitocondrial de *α -cetoácido de cadeia ramificada desidrogenase* (CCRD), onde esse passo é irreversível, altamente regulado e limitam a taxa de catabolismo dos ACR.

A leucina, quando em excesso, aumenta a atividade do complexo enzimático da segunda etapa da via de catabolismo dos ACR, ação cujo os demais aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina e valina) não realizam. Dessa forma, a leucina se apresenta como a principal fonte de alteração da exigência de isoleucina e valina.

Diversos ingredientes tais como a gelatina, a farinha de carne e ossos, a farinha de sangue e a farinha de subprodutos avícolas apresentam baixos níveis de isoleucina (Boomgaardt & Baker, 1973; Wang & Parsons, 1998).

Diversos trabalhos tem sido realizados para avaliar o requerimento de isoleucina utilizando a farinha de sangue na forma spray-dried (SDBC) como principal fonte protéica, ingrediente rico em lisina, valina e leucina, porém deficiente em isoleucina, caracterizando um desbalanço de aminoácidos de cadeia ramificada. Nesse sentido,

Dean et al. (2005) relatou que um desequilíbrio no fornecimento de aminoácidos de cadeia ramificada, principalmente excedendo-se a leucina, aumenta a exigência de isoleucina .

Dean et al. (2005) e Wiltafsky et al. (2009) demonstraram que a relação isoleucina: lisina digestível foi de 60% ou mais em dietas contendo farelo de sangue ou células do sangue e perto de 50% para dietas sem altos níveis de farinha de sangue.

A inclusão de até 4,0% de farinha de sangue em uma dieta não teve efeito sobre o desempenho de suínos, enquanto aqueles alimentados com uma dieta contendo 6,0% de farinha de sangue teve um desempenho reduzido. Isso sugere que suínos a partir de 9 kg alimentados com níveis de isoleucina digestível abaixo de 0,54% podem ter efeito negativo sobre seu desempenho (Kerr et al., 2004a).

Kerr et al. (2004b) avaliaram a exigência de isoleucina digestível para suínos de 7 a 11 kg utilizando dietas contendo farinha de sangue como principal fonte protéica e os resultados sugeriram que a exigência de isoleucina seja de 0,68%.

O impacto dos altos níveis de leucina na ração ainda necessita ser bem elucidado, permitindo dessa forma se fazer estimativas mais precisas do suprimento e requerimento adequados para isoleucina e valina na dieta dos suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirements of Pigs.** Commonwealth Agricultural Bureau. Slough, UK. 1981, 307p.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; LE FLOC H, N. et al. The standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine requirement ratio may be less than fifty percent in eleven-to twenty-three-kilogram piglets 1. **Journal of Animal Science**, v.87,p.4022-4031, 2009.
- BOOMGAARDT, J.; BAKER, D.H. The lysine requirement of growing chicks fed sesame meal-gelatin diets at three protein levels. **Poultry Science**,v.52, p.586–591, 1973.
- CALDARA, F.R.; BERTO, D.A.; BISINOTO, S.K. et al. Exigências de Lisina de Leitões (6 a 11 kg) Alimentados com Rações Formuladas com Base no Conceito da Proteína Ideal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: SBZ. 2001, p.884-885.
- CARVALHO, I.S. Branched-chain amino acids. **Fitness & Performance Journal**, Rio de Janeiro, v.4, p.253, Setembro/Outubro 2005.
- CASTILHA, L.D. **Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho de fêmeas suínas dos 15 aos 30 Kg.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Fevereiro de 2011.
- CUARÓN, J.A. Proteína Ideal en La Alimentación de Cerdos: Aspectos Práticos. In: BUTOLO,J.E., JUNQUEIRA, O.M.; MIYADA,V.S.; CYRINO, J.E.P. (Eds.). Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Campinas, **Anais...**CBNA. Campinas, S.P.2000, p.197-220.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.
- DEAN, D.W.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J. et al. The lysine and total sulfur acid requirements of six to twelve-kilogram pigs. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.527-535, 2005.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. 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, p. 1529-1537, 2003.

- FU, S.X.; GAINES, A.M.; FENT, R.W. et al. True ileal digestible isoleucine requirement and ratio in 12 to 22 kg pigs. **Journal of Animal Science**, v.84 (Suppl. 1), p.283. (Abstr.), 2006.
- HARPER, A. E.; MILLER, R. H.; BLOCK, K. P. Branched chain amino acid metabolism. **Annual Review of Nutrition**, v.4, p.409-454, 1984.
- JAMES, B.W.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D. et al. The optimum isoleucine: lysine ratio in starter diets to maximize growth performance of the early weaned pigs. **Kansas State University Swine Day**, p.20-21, 2000.
- JORDÃO FILHO, J. **Exigências nutricionais e avaliação da relação lisina: metionina+cistina para poedeiras semipesadas**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2004. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2004.
- JORGENSEN, L.; TYBIRK, P. Normer for naringsstoff er [Recommendations of nutrients]. (In Danish.) **Dansk Svineproduktion**, Copenhagen, 2008.
- KERR, B. J.; KIDD, M. T.; CUARON, J. A. et al. Utilization of spray dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pig diets. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2397-2404, 2004b.
- KERR, B.J.; KIDD, M.T.; CUARON, J.A. et al. Isoleucine requirements and ratios in starting (7 to 11 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p. 2333-2342, 2004a.
- KIDD, M.T.; PEEBLES, E. D; WHITNARSH, S. K. et al. Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. **Poultry Science**, v.80,p.1535-1542.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham-USA: University Press, 1994, 305p.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v.76, p.45-48, 2002.
- LENIS, N.P.; VAN DIEPEN, J.T.M. Amino acid requirements of pigs. 3. Requirements for apparent digestible threonine of pigs in different stages of growth. **Netherlands Journal Agriculture Science**, v.38, p.609-622, 1997.
- LINDEMANN, M.D.; QUANT, A.D.; CHO, J. H. et al. Determining the optimum ratio of standardized ileal digestible (SID) isoleucine to lysine for growing pigs fed wheat-barley based diets. **Journal of Animal Science**, v.88 (E-Suppl. 3): p.43 (Abstr.), 2010.
- LIU, H.; ALLEE, G.L.; TOUCHETTE, K.J. et al. Effect of reducing protein and adding amino acids on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion, and the valine requirement of early-weaned finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.78 (Suppl. 2), p.66 (Abstr.), 2000.

- LORDELO, M.M.; GASPAR, A. M.; LE BELEEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean meal-based diet for piglets: Growth performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2936-2941, 2008.
- MITCHELL, H.H. Comparative nutrition of man and domestic animals. New York: **Academic Press**, 1964, 118p.
- MOURA, A.M.A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.31-34, julho/agosto de 2004.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5th edition. W. H Freeman and Company. 41 Madson Avenue, New York, NY, 2012. 1302p.
- NOORGARD JV.; FERNÁNDEZ J.A. Isoleucine and valine supplementation of crude protein-reduced diets for pigs aged 5-8 weeks. **Animal Feed Science and Technology**, v.154, p.248-253, 2009.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements for Swine. **10th ed. Natl. Acad. Press**, Washington, DC.
- PARR, T.M.; KERR, B.J.; BAKER, D. H. Isoleucine requirement of growing (25 to 45 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.745-752, 2003.
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and usage of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p.119-128.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3^a ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universtária, 2011. 290p.
- TAYLOR, S.J.; COLE, D. J. A.; D. LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs 5. The interaction between isoleucine and leucine. **Animal Production**, v.38, p. 257-261, 1984.
- Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.
- SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e consequências técnicas, econômicas e ambientais. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal: Proteína Ideal, energia líquida e modelagem. Santa Maria, 2007. **Anais...**Santa Maria, 2007.
- VAN HEUGTEN, C.; VAN KEMPEN, T. Methods may exist to reduce nutrient excretion. **Feedstuffs**, v.71, p. 12-19, 1999.
- WANG, X.; PARSONS, C. M. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acids basis. **Poultry Science**, v.77, p. 1010-1015, 1998.

WILTAFSKY, M.K.; BARTELT, J.; RELANDEAU, C. et al. Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray-dried blood cells or corn gluten feed as a protein source. *Journal of Animal Science*, v.87, p. 2554-2564, 2009.

WILTAFSKY, M.K.; PFAFFL, M.W.; ROTH, F.X. The effects of branched-chain amino acid interactions on growth performance, blood metabolites, enzyme kinetics and transcriptomics in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, v.103, p. 964-976, 2010.

RELAÇÃO ISOLEUCINA: LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES COM DIFERENTES NÍVEIS DE LEUCINA PARA LEITÕES DOS 35 AOS 49 DIAS DE IDADE

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar as relações isoleucina: lisina digestível em rações para leitões dos 35 aos 49 dias de idade com diferentes níveis de leucina. Foram utilizados 192 leitões, machos castrados e fêmeas, de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça com peso inicial de $9,94 \pm 0,4$ Kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, por oito tratamentos em esquema fatorial 4x2 [4 relações isoleucina:lisina digestível (49, 53, 57 e 61%) e 2 níveis de leucina digestível (1,271 e 1,502%)], com oito repetições e três animais por gaiola, que foi considerada a unidade experimental. Não houve interação entre as relações isoleucina: lisina digestível e os níveis de leucina digestível. Não foi observado efeito significativo das relações isoleucina: lisina digestível sobre os parâmetros de desempenho avaliados. Entretanto a CA alimentar e o GPD foram influenciados pelo nível de leucina digestível, onde o tratamento com o menor nível (1,271%) proporcionou o melhor valor. Não se constatou variação significativa das relações isoleucina: lisina digestível, assim como dos níveis de leucina digestível sobre os níveis sorológicos de uréia. Do mesmo modo, não foi observado alteração na deposição de proteína e gordura na carcaça em função da variação das relações isoleucina: lisina digestível e dos níveis de leucina digestível. Conclui-se que a relação isoleucina: lisina digestível na ração de 49% é adequada para leitões na fase inicial de crescimento, e que o aumento do nível de leucina influencia negativamente o desempenho dos leitões sem alterar o seu padrão de resposta quanto a relação isoleucina: lisina digestível da ração.

Palavras-chave: Antagonismo, aminoácidos de cadeia ramificada, desempenho, parâmetro sanguíneo, característica de carcaça.

RELATIONSHIP ISOLEUCINE: LYSINE IN DIETS WITH DIFFERENT LEVELS OF LEUCINE TO PIGLETS FROM 35 AT 49 DAYS OLD

Abstract

The objective of this study was to evaluate the relationship isoleucine: lysine digestible in diets for pigs from 35 to 49 days of age with different levels of digestible leucine. We used 192 pigs, steers and heifers of high genetic potential for lean deposition in the carcass with initial weight of 9.94 ± 0.4 kg. The animals were divided into experimental design of randomized blocks of eight treatments 4x2 factorial [4 relations isoleucine: lysine digestible (49, 53, 57 and 61%) and 2 levels of digestible leucine (1.271 and 1.502%)], with eight replications and three animals per cage, which was considered the experimental unit. There was no interaction between the relations isoleucine: lysine and leucine levels. There was no significant effect of relationships isoleucine: lysine on the performance parameters evaluated. However the CA food and GPD were influenced by the level of digestible leucine, whereas treatment with the lowest level (1.271%) gave the best value. There was no significant variation relations isoleucine: lysine, and digestible leucine levels on the serum levels of urea. Similarly, there was no change in the deposition of protein and fat in the carcass depending on relations variation isoleucine: lysine and digestible leucine levels. We conclude that the relationship isoleucine: lysine digestible of 49% is suitable for piglets growth, and that the increased level of digestible leucine effect on performance of piglets without changing the pattern of response as the relationship isoleucine: lysine digestible.

Keywords: Antagonism, branched chain amino acids, performance, blood parameter, carcass traits.

INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna, de forma geral, tem sido cada vez mais direcionada no sentido de maximizar a deposição de carne magra na carcaça dos suínos, otimizando a utilização dos nutrientes.

Por décadas, as rações para suínos foram formuladas baseando-se no conceito de proteína bruta, o que acarretava em dietas com excesso ou deficiência de determinados aminoácidos comprometendo o desempenho dos animais e causando danos ao meio ambiente.

Visando melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes, minimizar os custos de produção e reduzir a poluição ambiental, nos últimos anos, inúmeras pesquisas tem abordado a nutrição protéica de suínos com base no conceito de proteína ideal, segundo o qual é necessário fornecer aos animais o balanço exato de aminoácidos, sem deficiências ou excessos, com o objetivo de satisfazer as exigências de manutenção e ganho máximo de proteína corporal (Baker, 1997).

A quantidade de aminoácidos que é fornecida acima das necessidades não pode ser armazenada no corpo e, assim, todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto carbônico na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (Larbier & Leclercq, 1994), onde o gasto de energia dispensado para realizar essa função contribui para reduzir a eficiência de deposição proteica pelos animais.

As vantagens de se utilizar rações com baixos teores de proteína, tanto no aspecto ambiental quanto da saúde animal, fez com que a suplementação de aminoácidos industriais nas rações de suínos nas diferentes fases de desenvolvimento tornasse uma prática rotineira. No entanto, a redução acentuada da concentração protéica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos como, por exemplo, a valina e a isoleucina (Le Bellego & Noblet, 2002).

Embora haja trabalhos recentes sobre as exigências de isoleucina para suínos (Kerr et al., 2004ab; Dean et al., 2005; Wiltafsky et al., 2009,2010; Barea et al., 2009, 2010; Gloaguen et al., 2011, 2013a, 2013b; van Milguen et al., 2012), ainda há poucas informações disponíveis na literatura sobre as exigências de isoleucina digestível para leitões dos 35 aos 49 dias de idade.

A determinação da relação ideal da isoleucina com a lisina digestível na proteína passou a ser prioritário para viabilizar a utilização da valina nas rações dos suínos. Considerando-se ainda o conhecido antagonismo que ocorre entre os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, valina e isoleucina) conforme relatado por Wiltafsky et al. (2009), os estudos na determinação da relação ideal da isoleucina com a lisina deve considerar a possível influência desse antagonismo, principalmente ao nível de leucina, na determinação da relação isoleucina: lisina na proteína ideal de suínos.

Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar a relação isoleucina: lisina digestível em rações contendo diferentes níveis de leucina, para leitões dos 35 aos 49 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, no período de Outubro de 2012 à Fevereiro de 2013.

Foram utilizados 192 leitões, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais com alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade.

A utilização dos animais foi realizada de acordo com os princípios éticos de experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal, certificado pelo Comitê de Ética para uso de animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa através da aprovação do processo n° 43/2012.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, por oito tratamentos em esquema fatorial 4x2 [4 relações isoleucina:lisina digestível (49, 53, 57 e 61%) e 2 níveis de leucina digestível (1,271 e 1,502%)], com oito repetições e três animais por gaiola, que foi considerada a unidade experimental, onde todas as gaiolas continham ambos os sexos. Na formação de blocos foram considerados como critérios o peso inicial, o sexo e o parentesco dos animais.

A ração basal, constituída a base de milho e farelo de soja, suplementada com minerais e vitaminas, foi formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com Rostagno et al. (2011), exceto em lisina. Para formulação das rações foi previamente realizado o aminograma do milho e do farelo de soja (Tabela 1). As rações experimentais, foram formuladas com nível subótimo de lisina (1,15%) correspondente a 86,5% da exigência (1,33%) para leitões na fase inicial de crescimento. Os níveis de isoleucina digestível variaram entre 0,564 a 0,702% (Tabelas 2 e 3). Aminoácidos industriais foram adicionados às rações, em substituição ao amido, para manter as relações com a lisina digestível conforme preconizado por Rostagno et al. (2011) para essa categoria animal, segundo o conceito de proteína ideal. As rações e a água foram fornecidas à vontade para os animais durante o período experimental.

Os animais foram alojados em gaiolas suspensas, com piso ripado, providas de comedouros semiautomáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizadas em salas de

alvenaria, com piso de concreto e coberto com telhas de cerâmica. A temperatura interna da sala foi mantida constante por meio de aquecedores elétricos e aparelho de ar condicionado de 18000 BTU, ligados a um termostato regulado para uma temperatura de 26°C.

As condições ambientais no interior das salas foram monitoradas e registradas diariamente, uma vez ao dia (às 7h) por meio de termômetros de mínima e máxima e, três vezes ao dia (às 7, 13 e 18h) por meio de termômetro de bulbo seco e úmido e de globo negro, que foram mantidos em uma gaiola vazia no centro da sala, a meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram, posteriormente, convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente térmico a que os animais foram submetidos.

As variáveis estudadas foram: consumo de ração diário, ganho de peso diário, conversão alimentar, nível sorológico de uréia e deposição de proteína e gordura na carcaça.

Os animais foram pesados no início (35 dias) e no final do período experimental (49 dias) para determinação do ganho de peso diário. Eventuais sobras de ração foram diariamente coletadas e descontadas do consumo de ração total do período para determinação do consumo de ração diário e da conversão alimentar.

Tabela 1. Aminograma do milho e do farelo de soja.

Milho				Farelo de soja			
AA ¹	DT ²	CD ³	DD ⁴	AA ¹	DT ²	CD ³	DD ⁴
Met	0,17	0,892	0,10	Met	0,63	0,922	0,12
M+C	0,37	0,877	0,21	M+C	1,32	0,902	0,25
Lys	0,28	0,798	0,15	Lys	2,79	0,912	0,53
Thr	0,31	0,814	0,17	Thr	1,81	0,872	0,33
Trp	0,07	0,808	0,04	Trp	0,63	0,89	0,12
Arg	0,43	0,914	0,26	Arg	3,36	0,955	0,66
Ile	0,28	0,873	0,16	Ile	2,11	0,895	0,39
Leu	0,96	0,925	0,58	Leu	3,51	0,904	0,66
Val	0,39	0,867	0,22	Val	2,2	0,888	0,40
His	0,25	0,890	0,15	His	1,23	0,911	0,23
Phe	0,40	0,909	0,24	Phe	2,36	0,902	0,44

¹AA: aminoácidos. ²DT: valores de aminoácidos totais determinados pela análise do milho e do farelo de soja realizada pela Evonik/Degussa. ³CD: coeficiente de digestibilidade dos respectivos alimentos de acordo com Rostagno et al. (2011). ⁴DD: valores de aminoácidos determinados digestível utilizando-se os valores obtidos na análise do milho e farelo de soja pela Evonik/Degussa e os coeficientes de digestibilidade de acordo com Rostagno et al. (2011).

Tabela 2. Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de leucina digestível (%)			
	1,271	1,271	1,271	1,271
	Relação isoleucina: lisina digestível (%)			
	49	53	57	61
Milho	65,594	65,594	65,594	65,594
Farelo de soja	20,700	20,700	20,700	20,700
Lactose	4,445	4,445	4,445	4,445
Óleo de Soja	3,950	3,950	3,950	3,950
Fosfato bicálcico	1,731	1,731	1,731	1,731
Calcário calcítico	0,682	0,682	0,682	0,682
Sal	0,537	0,537	0,537	0,537
L-lisina HCL (78%)	0,644	0,644	0,644	0,644
DL-metionina (99%)	0,206	0,206	0,206	0,206
L-Treonina (98,5%)	0,225	0,225	0,225	0,225
L-Valina (96,5%)	0,168	0,168	0,168	0,168
L-Triptofano (99%)	0,058	0,058	0,058	0,058
L-Isoleucina (99%)	0,000	0,047	0,093	0,140
L-leucina (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Alanina (98,5%)	0,141	0,109	0,088	0,056
Suplemento Vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento Mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Amido	0,509	0,494	0,469	0,454
Prom. Crescimento ³	0,150	0,150	0,150	0,150
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional calc./determ. ⁵				
EM (Mcal/kg)	3,407	3,409	3,411	3,413
Proteína bruta (%)	15,99/15,22	15,99/15,22	15,99/15,22	15,99/15,22
Lisina digestível (%)	1,150/1,314	1,150/1,314	1,150/1,314	1,150/1,314
Triptofano digestível (%)	0,208/0,218	0,208/0,218	0,208/0,218	0,208/0,218
Treonina digestível (%)	0,725/0,705	0,725/0,705	0,725/0,705	0,725/0,705
Met + cist digestível (%)	0,645/0,656	0,645/0,656	0,645/0,656	0,645/0,656
Isoleucina digestível (%)	0,564/0,550	0,610/0,600	0,656/0,643	0,702/0,690
Leucina digestível (%)	1,271/1,240	1,271/1,240	1,271/1,240	1,271/1,240
Valina digestível (%)	0,795/0,798	0,795/0,798	0,795/0,798	0,795/0,798
Lactose (%)	4,000	4,000	4,000	4,000
Cálcio (%)	0,750	0,750	0,750	0,750
Fósforo Disponível (%)	0,410	0,410	0,410	0,410
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230

¹ **Conteúdo por quilograma de ração:** vitamina A (300.000 UI), vitamina D3 (56.250 UI), vitamina E (937,5 UI), vitamina K3 (112,5 mg), vitamina B12 (1.125 mcg), vitamina B2 (225 mg), biotina (5,625 mg), niacina (1.312 mg), pantotenato de cálcio (750 mg), vitamina B1 (75 mg), vitamina B6 (75 mg), ácido fólico (37,5 mg). ² **Conteúdo por quilograma de ração:** ferro (2g), cobre (5,6g), manganês (1,4g), zinco (3,2g), iodo (40mg). ³ **Promotor de crescimento:** princípio ativo (Fosfato de Tilosina). ⁴ **Antioxidante:** Butil-hidroxi-tolueno (BHT). ⁵ **Composição nutricional calc./determ.:** os valores acima obtidos foram calculados utilizando-se os valores de digestibilidade dos alimentos de acordo com Rostagno et al. (2011) e os valores determinados pela análise de milho e farelo de soja realizada pela Evonik/Degussa.

Tabela 3. Composição centesimal e nutricional calculada/determinada das rações experimentais.

Ingredientes	Níveis de leucina digestível (%)			
	1,502	1,502	1,502	1,502
	Relação isoleucina: lisina digestível (%)			
	49	53	57	61
Milho	65,594	65,594	65,594	65,594
Farelo de soja	20,700	20,700	20,700	20,700
Lactose	4,445	4,445	4,445	4,445
Óleo de Soja	3,950	3,950	3,950	3,950
Fosfato bicálcico	1,731	1,731	1,731	1,731
Calcário calcítico	0,682	0,682	0,682	0,682
Sal	0,537	0,537	0,537	0,537
L-lisina HCL (78%)	0,644	0,644	0,644	0,644
DL-metionina (99%)	0,206	0,206	0,206	0,206
L-Treonina (98,5%)	0,225	0,225	0,225	0,225
L-Valina (96,5%)	0,168	0,168	0,168	0,168
L-Triptofano (99%)	0,058	0,058	0,058	0,058
L-Isoleucina (99%)	0,000	0,047	0,093	0,140
L-leucina (98%)	0,236	0,236	0,236	0,236
L-Alanina (98,5%)	0,141	0,109	0,088	0,056
Premix Vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix Mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Amido	0,273	0,258	0,233	0,218
Prom. Crescimento ³	0,150	0,150	0,150	0,150
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional calc./determ. ⁵				
EM (Mcal/kg)	3,413	3,415	3,418	3,420
Proteína bruta (%)	16,15/15,22	16,15/15,22	16,16/15,22	16,16/15,22
Lisina digestível (%)	1,150/1,314	1,150/1,314	1,150/1,314	1,150/1,314
Triptofano digestível (%)	0,208/0,218	0,208/0,218	0,208/0,218	0,208/0,218
Treonina digestível (%)	0,725/0,705	0,725/0,705	0,725/0,705	0,725/0,705
Met + cist digestível (%)	0,645/0,656	0,645/0,656	0,645/0,656	0,645/0,656
Isoleucina digestível (%)	0,564/0,550	0,610/0,600	0,656/0,643	0,702/0,690
Leucina digestível (%)	1,271/1,476	1,271/1,476	1,271/1,476	1,271/1,476
Valina digestível (%)	0,795/0,798	0,795/0,798	0,795/0,798	0,795/0,798
Lactose (%)	4,000	4,000	4,000	4,000
Cálcio (%)	0,766	0,766	0,766	0,766
Fósforo Disponível (%)	0,410	0,410	0,410	0,410
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230

¹ Conteúdo por quilograma de ração: vitamina A (300.000 UI), vitamina D3 (56.250 UI), vitamina E (937,5 UI), vitamina K3 (112,5 mg), vitamina B12 (1.125 mcg), vitamina B2 (225 mg), biotina (5,625 mg), niacina (1.312 mg), pantotenato de cálcio (750 mg), vitamina B1 (75 mg), vitamina B6 (75 mg), ácido fólico (37,5 mg). ² Conteúdo por quilograma de ração: ferro (2g), cobre (5,6g), manganês (1,4g), zinco (3,2g), iodo (40mg). ³ Promotor de crescimento: princípio ativo (Fosfato de Tilosina). ⁴ Antioxidante: Butil-hidroxi-tolueno (BHT). ⁵ Composição nutricional calculada: os valores acima obtidos foram calculados utilizando-se os valores de digestibilidade dos alimentos de acordo com Rostagno et al. (2011) e os valores determinados pela análise de milho e farelo de soja realizados pela Evonik/Degussa.

No final do período experimental (49 dias de idade), após a pesagem, os animais continuaram a receber as respectivas rações experimentais até às 19 horas do mesmo

dia. Em seguida, os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas, das 19 horas às 7 horas do dia seguinte, quando voltaram a receber as respectivas rações experimentais por um período de uma hora, e então foram novamente submetidos a um período de jejum de cinco horas, após o qual foi coletado o sangue, por punção no *sinus orbital*, em tubos de ensaio e acondicionados em balde de gelo conforme Rocha (2010).

O sangue coletado foi colocado em repouso por 30 minutos e centrifugado (4000 rpm) durante 15 minutos, para retirada do soro, que foi armazenado em “freezer” (-20°C) para posterior análise de uréia. As análises de uréia foram realizadas no equipamento automático, marca Mindray, modelo: BS200E, utilizando-se kits de determinação da Bioclin.

O método para a quantificação da uréia foi o cinético de tempo fixo, onde primeiramente a ureia é hidrolisada em amônia e dióxido de carbono pela uréase, a seguir, a glutamato desidrogenase na presença de amônia e α -cetogluturato, oxida o NADH para NAD⁺. A oxidação de NADH a NAD⁺, medida pela diminuição de absorvância é proporcional à concentração de uréia na amostra, que é lida espectrofotometricamente entre 334 - 365 nm.

Ao final do experimento, o animal com o peso mais próximo ao peso médio dos animais de cada gaiola, alimentados após a metodologia para determinação da uréia no soro sanguíneo, passou por um período de jejum alimentar de 12 horas e foi abatido de acordo com as normas de abate humanitário.

A meia carcaça direita de cada animal foi pesada individualmente e armazenada em freezer à -5°C. Posteriormente, essas meias-carcaças foram descongeladas, trituradas em "cutter" comercial de 30 HP e 1775 revoluções por minuto, por 20 minutos. Após homogeneização do material triturado, foram retiradas amostras de carcaça (200g) que foram conservadas a -5°C, para determinação das composições das carcaças em proteína e gordura conforme técnicas descrita por Donzele et al. (1992).

Um grupo adicional de 5 animais, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, com peso de $10,3 \pm 0,40$ kg, foi abatido para determinação da composição da carcaça dos animais (proteína e gordura) no início do período experimental, utilizando-se o mesmo procedimento que os demais animais do final do experimento.

As amostras de carcaça foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas e em seguida, submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas.

As amostras foram pré-desengorduradas, a quente em extrator tipo SOXHLET por quatro horas e em seguida foram moídas em moinho de bola e acondicionadas em vidros identificados, para posteriores análises laboratoriais.

Foram consideradas a água e a gordura, retiradas no preparo das amostras para se fazer a correção dos valores das análises subsequentes.

As análises bromatológicas de proteína e de extrato etéreo das amostras de carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com técnicas descritas em Silva & Queiroz (2002).

As deposições de proteína e gordura na carcaça foram estimadas por critérios comparativos entre as carcaças de animais contemporâneos abatidos com peso de 10,3 kg e de animais abatidos ao final do experimento, de acordo com a metodologia proposta por Donzele et al. (1992).

As análises estatísticas das variáveis de desempenho (ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar), das concentrações sorológicas de uréia e da deposição de proteína e gordura na carcaça foram submetidas à análise de variância (ANOVA) do programa computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (Versão 8.0). Para todos os procedimentos estatísticos, valores de probabilidade menores que 0,05 foram considerados significativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura no interior da sala foi mantida em $26,1 \pm 0,78^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa do ar em $84,5 \pm 8,51\%$ e a temperatura de globo negro em $25,43 \pm 1,14$ com o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado correspondendo a $74,9 \pm 0,5$. Constatou-se que a temperatura média do ar ($26,11^{\circ}\text{C}$) mantida nesse estudo ficou na faixa de 18 a 28°C relatada por Coffey et al. (2000) como ideal para leitões na fase inicial de crescimento. O valor de ITGU calculado (74,9) foi similar ao de 74,3 que Alebrante et al. (2011) relataram como de conforto para leitões dos 15 aos 30 kg. Assim pode-se inferir que os leitões neste estudo foram mantidos em condições de termoneutralidade.

Os resultados de desempenho, dos níveis sorológicos de uréia e das deposições de proteína e gordura na carcaça encontram-se apresentados na Tabela 4.

Não ocorreu interação ($P>0,05$) entre as relações isoleucina: lisina digestível e os níveis de leucina digestível para nenhum dos parâmetros de desempenho, níveis de uréia sorológico e de deposição de proteína e gordura na carcaça avaliados.

O consumo de ração (CRD) não foi influenciado ($P>0,05$) pelas relações isoleucina: lisina digestível. Esse resultado está consistente com os obtidos por Norgaard & Fernandez et al. (2009) e Barea et al. (2009) que ao avaliarem relações isoleucina: lisina variando entre 50 a 65% nas rações de leitões entre 9 e 23 kg também não verificaram variação significativa na ingestão voluntária de alimento pelos animais. Da mesma forma, Lordello et al. (2008) não observaram variação significativa no CRD quando a relação isoleucina:lisina variou entre 51,6 a 61,1% nas rações para leitões entre 7 e 15 kg.

Em contrapartida, em estudos conduzidos com leitões dos 7 aos 11 kg e dos 7,5 aos 23 kg, respectivamente, por Keer et al. (2004a) e Wiltafsky et al. (2009) foi verificada variação significativa do CRD dos animais em razão do aumento da relação de isoleucina: lisina digestível cujos valores variaram entre 34 a 71%.

O fato desses últimos autores terem avaliado relações de isoleucina: lisina digestível muito abaixo da menor relação utilizada nesse estudo (34 x 49%) justifica a diferença de resultados.

Não se observou efeito ($P>0,05$) do aumento do nível de leucina digestível no consumo voluntário de ração pelos leitões. Esse resultado corrobora os dados de Gloaguen et al. (2013a) que, trabalhando com leitões dos 12 aos 21 kg, não observaram variação no consumo de ração com o aumento do nível de leucina em proporção similar a utilizada nesse estudo.

Por outro lado, Morales et al. (2012) verificaram que o aumento da concentração de leucina das rações resultou em diminuição da ingestão voluntária de alimento pelos suínos dos 30 aos 50 kg. Nesse sentido, Dean et al. (2005) e Gloaguen et al. (2013b), ao avaliarem rações com níveis de leucina, respectivamente (63,8 e 65%) acima da exigência dos suínos em crescimento e terminação, verificaram diminuição do consumo voluntário de ração dos animais.

A divergência de resultados pode estar relacionada à diferença na fase de crescimento avaliada, bem como ao nível de excesso de leucina utilizado (63%), comparado aos 20% utilizado nesse estudo.

De acordo com Wiltafsky et al. (2010), a influência negativa do excesso de leucina no CRD pode ser justificada pelo fato que o excesso de leucina aumenta o catabolismo de isoleucina e valina, comprometendo o balanço aminoacídico e, conseqüentemente, o consumo voluntário de ração dos suínos. Segundo Beterchini (2006), o desequilíbrio de aminoácidos pode resultar em comprometimento do consumo voluntário de ração pelos suínos.

Considerando o antagonismo existente entre os aminoácidos leucina, isoleucina e valina e tendo como referência os resultados obtidos por Gloaguen et al. (2011), em estudo conduzido com leitões de 42 dias de idade em que foi constatado que o aumento do nível de leucina influenciou negativamente o CRD somente quando a relação valina:lisina digestível estava abaixo da exigência do animal, pode-se deduzir que esse padrão de resposta seria um indicativo que a menor relação isoleucina:lisina de 49% avaliada nesse trabalho poderia ser adequada para essa categoria animal.

Tabela 4 - Desempenho, níveis sorológicos de uréia e deposição de proteína e gordura na carcaça dos leitões em função das relações isoleucina: lisina digestível com diferentes níveis de leucina digestível

Variável	Relação Isoleucina: Lisina (%)				CV (%)	Nível de Leucina (%)		CV (%)	P-valor	
	49	53	57	61		1,271	1,502		Relação	Leucina
Peso inicial (kg)	9,91	9,97	9,94	9,94	0,77	9,93	9,95	0,73	0,162	0,290
Peso final (kg)	17,09	17,06	16,86	16,76	4,07	17,11	16,78	4,20	0,442	0,051
Ganho de peso (g/dia)	514	508	493	487	9,86	513 B	488 A	10,02	0,385	0,042
Consumo de ração (g/dia)	817	798	797	776	9,70	800	794	10,27	0,519	0,780
Conversão alimentar (g/g)	1,59	1,58	1,61	1,60	5,41	1,56 A	1,63 B	4,73	0,658	0,001
Uréia (mg /dL)	12,13	12,71	12,70	12,34	40,70	12,97	11,96	39,98	0,865	0,166
Deposição na carcaça (g/dia)										
Proteína	56,04	55,77	53,53	52,85	12,04	54,87	54,22	12,18	0,420	0,247
Gordura	93,98	93,48	95,56	92,18	12,14	92,80	94,8	12,40	0,866	0,570

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

Não foi observado efeito ($P>0,05$) das relações isoleucina: lisina digestível no ganho de peso médio diário (GPD) dos leitões. De forma semelhante Lordello et al. (2008), Barea et al. (2009) e Nogaard & Fernandez (2009) também não verificaram variação significativa da taxa de crescimento dos leitões dos 9 aos 23 kg em razão do aumento da relação isoleucina: lisina digestível na ração entre 50 e 65%. Do mesmo modo, Waguespack et al. (2012), não observaram diferença no GPD dos suínos dos 20 aos 45 kg, quando a relação isoleucina: lisina digestível variou de 52 a 61%.

Em contrapartida, em estudos conduzidos com leitões dos 7 aos 15 kg para avaliar relações isoleucina: lisina digestível variando de 28 a 75%, Keer et al. (2004ab) constataram variação significativa na redução da taxa de crescimento dos animais. Apesar da divergência de resposta encontrada por esses autores, os resultados não contradizem os encontrados nesse estudo uma vez que as piores taxas de crescimento ocorreram nos animais que receberam rações em que as relações isoleucina: lisina digestível corresponderam a no máximo 46%.

Considerando que, de acordo com o relato de van Milgen et al. (2012), a deficiência de isoleucina resulta em redução do GPD de suínos em crescimento, pode-se inferir que a relação isoleucina:lisina digestível de 49% atendeu as exigências para maximizar a taxa de crescimento dos animais.

O resultado obtido no presente estudo, onde a relação isoleucina: lisina digestível de 49% foi adequada para maximizar a taxa de crescimento dos leitões, está consistente com o obtido por Gloaguen et al. (2013a) que também observaram melhor resposta de crescimento dos leitões em rações com relação isoleucina: lisina digestível de 49%, sendo no entanto menor que a relações de 53 e 55% preconizadas, respectivamente pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2011).

O padrão de resposta de crescimento dos animais encontrados nesse estudo, pode ser justificado pelo fato do consumo de ração não ter sido influenciado pelas relações isoleucina: lisina digestível.

Independente da relação isoleucina: lisina digestível, o aumento do nível de leucina influenciou ($P<0,05$) negativamente o ganho de peso médio dos animais que reduziu 4,9%. Piora na taxa de crescimento dos leitões entre 8 e 25 kg, devido o aumento do nível de leucina da ração, também foi observada por Wiltafsky et al. (2010). O comprometimento na taxa de crescimento dos animais observado nos trabalhos evidenciaram que o excesso de leucina pode limitar a disponibilidade de isoleucina e valina e comprometer a deposição de proteína e consequentemente o ganho de peso.

Esta hipótese se confirma nos estudos conduzidos por Kerr et al. (2004) e Barea et al. (2010), onde ficou evidenciado que devido a alta concentração dos aminoácidos leucina e valina existente na farinha de sangue, a sua utilização como principal fonte de proteína nas rações, resultou em exigência aumentada de isoleucina para maximizar o ganho de peso de leitões.

Não houve efeito ($P>0,05$) das relações isoleucina: lisina digestível das rações na conversão alimentar (CA) dos animais. De forma semelhante, Kerr et al. (2004) não observaram variação na CA dos leitões de 9 a 15 kg, quando a relação isoleucina: lisina digestível variou de 49 até 61%.

Por outro lado, Wiltafsky et al. (2009) observaram que a CA dos leitões de 8 aos 25 kg foi influenciada significativamente em razão da variação da relação isoleucina: lisina digestível da ração entre 34 a 72%. Apesar de ter sido verificada variação significativa na CA dos leitões, a melhor resposta foi obtida com a ração em que a relação isoleucina: lisina digestível correspondeu a 49%, o que confirma o relatado anteriormente de que a amplitude de variação das relações isoleucina: lisina digestível avaliadas podem influenciar o resultado de desempenho.

Verificou-se que os animais que receberam as rações contendo 1,502% de leucina, apresentaram piora ($P<0,05$) de 4,9% na CA em relação aos alimentados com as rações contendo 1,270% de leucina. O resultado obtido está de acordo com o obtido por Kerr et al. (2004b), que trabalhando com leitões com peso médio inicial de 9,3 kg observaram consistente piora na CA quando os animais foram alimentados com a ração com nível de leucina acima da exigência nutricional dos leitões.

Uma vez que não ocorreu variação no CRD, a piora da CA dos leitões nesse estudo evidenciou que o aumento do nível de leucina resultou em redução na eficiência de utilização da isoleucina para ganho de peso (101,8 x 97,6g), o que comprovou sua menor disponibilidade para deposição de proteína, devido ao possível aumento do seu catabolismo, conforme proposto por Wiltafsky et al. (2009 e 2010) e Gloaguen et al. (2011 e 2013b).

Resultados do estudo de Paxton & Harris (1984) confirmaram que dos aminoácidos de cadeia ramificada, a leucina, por meio do seu cetoácido (α -isocaproato) foi mais potente em ativar a enzima de descarboxilação que é a reação irreversível da rota catabólica comum desses aminoácidos. Assim, o aumento da leucina pode resultar em redução do nível plasmático da isoleucina e valina conforme verificado por Wiltafsky et al. (2010), e comprometer o desempenho dos animais.

A relação isoleucina: lisina digestível e o nível de leucina digestível das rações não influenciaram ($P>0,05$) o nível de uréia no soro sanguíneo dos leitões. Os resultados obtidos revelam que o excesso de isoleucina das relações isoleucina: lisina digestível acima de 49% avaliadas nesse estudo não foi suficiente para expressar diferença significativa dos níveis sorológicos de uréia entre os tratamentos.

Do mesmo modo não foi observada variação ($P>0,05$) dos níveis sorológicos de uréia dos leitões dos 35 aos 49 dias em função dos níveis de leucina. Entretanto, esperava-se que o nível sorológico de uréia dos animais alimentados com as rações contendo 1,502% de leucina fosse maior que os animais que receberam as rações contendo 1,271% de leucina, uma vez que o efeito antagônico do excesso de leucina anteriormente relatado teria como consequência o aumento do nível de uréia circulante advindo do aumento do catabolismo da isoleucina e valina.

Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que o nível sorológico de uréia não revelou ser um parâmetro adequado para se estabelecer a melhor relação isoleucina: lisina nas rações, o que confirma os relatos de Wiltafsky et al. (2009) e Waguespack et al. (2012) que embora tenham encontrado variação significativa nos níveis de uréia no soro sanguíneo dos leitões não utilizaram esse parâmetro para determinar o nível ideal de isoleucina para os leitões na fase inicial de crescimento.

Não houve variação ($P>0,05$) das relações isoleucina: lisina digestível na taxa de deposição de proteína e de gordura na carcaça dos leitões dos 35 aos 49 dias de idade. Esse resultado está em conformidade com o obtido por Castilha et al. (2012) em estudo conduzido com leitões dos 15 aos 30 kg onde a relação isoleucina: lisina digestível variou de 45 a 73%.

Conforme D'Mello et al. (2003), a isoleucina pode ser um aminoácido de caráter tanto cetogênico quanto glucogênico, influenciando positivamente a deposição de gordura na carcaça quando em excesso. Entretanto, esse relato não se confirma com os resultados de deposição de gordura na carcaça obtidos nesse estudo.

Não se observou variação ($P>0,05$) na deposição de proteína e gordura na carcaça em função do aumento do nível de leucina nas rações. Esse resultado no entanto não está consistente com os obtidos para GPD e CA, uma vez que a melhor eficiência de ganho observada na avaliação desses parâmetros em função do menor nível de leucina (1,271%) avaliado, seria um indicativo de alteração na composição do ganho,

com aumento da deposição de proteína e redução na deposição de gordura, o que não foi confirmado pelos resultados.

Com os dados de desempenho, níveis sorológicos de uréia e da deposição de proteína e gordura na carcaça obtidos neste estudo, pode-se afirmar que a exigência de isoleucina digestível pelos leitões dos 35 aos 49 dias não é maior que o nível correspondente a uma relação de 49% com a lisina digestível na ração. Este resultado está coerente com a relação isoleucina: lisina de 49% encontrada por Gloaguen et al. (2012) e de 50% verificada por Barea et al. (2009), Gloaguen et al. (2011) e van Milgen et al. (2012).

CONCLUSÃO

A relação de 49% entre a isoleucina: lisina digestível na ração é adequada para leitões na fase inicial de crescimento.

O aumento do nível de leucina influencia negativamente o desempenho dos leitões sem alterar o seu padrão de resposta quanto a relação isoleucina: lisina digestível da ração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R. F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.323-330, 2011.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; LE FLOC'H, N. et al. 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, p.4022-4031, 2009.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 303p.
- CASTILHA, L.D.; POZZA, P.C.; NUNES, R.V. et al. Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho, características de carcaça e peso de órgãos de fêmeas suínas (15 – 30 kg). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.36, p. 446-453, 2012.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. [2000]. **Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate**. Disponível em: <http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf> Acesso em: 10 julho de 2013.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition, CABI Publishing, United Kingdom, Edinburgh,2003. 515p.
- DEAN, D.W.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J. et al. The lysine and total sulfur acid requirements of six to twelve-kilogram pigs. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.527-535, 2005.
- DONZELE, J.L.; COSTA, P.M.A.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeitos dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.1091-1099, 1992.
- GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; PRIMOT, Y. et al. Response of piglets to the standardized ileal digestible isoleucine, histidine and leucine supply in cereal-soybean meal-based diets. **Animal**, v.7,p.901-908, 2013a.
- GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; BROSSARD, L. et al. Response of piglets to the valine content in diet in combination with the supply of other branched-chain amino acids. **Animal**, v.5, p.1734-1742, 2011.
- GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; CORRENT, E. et al. Meal patterns in relation to supply of branched-chain amino acids in pigs. **Journal of Animal Science**, v.91, p.292-297, 2013b.

- KERR, B.J.; KIDD, M.T.; CUARON, J.A. et al. Isoleucine requirements and ratios in starting (7 to 11kg) pigs. *J Anim Sci* 82: 2333-2342, 2004a.
- KERR, B.J.; KIDD, M.T.; CUARON, J.A. et al. Utilization of spray dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pig diets. *Journal of Animal Science*, v.82, p.2397-2404, 2004b.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *Livestock Production Science*, v.76, p.45-48, 2002.
- LORDELO, M.M.; GASPAS, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean meal-based diet for piglets: Growth performance and nitrogen balance. *Journal of Animal Science*, v.86, p.2936-2941, 2008.
- MORALES, A.; GARCÍA, H.; ARAIZA, A. et al. Effect of L-valine supplementation to a wheat-based diet with leucine excess in performance, gene expression, and serum concentration of amino acids. *Journal of Animal Science*, v.90, p.89-91, 2012.
- NOORGARD, J.V.; FERNÁNDEZ, J.A. Isoleucine and valine supplementation of crude protein-reduced diets for pigs aged 5-8 weeks. *Animal Feed Science and Technology*, v.154, p.248-253, 2009.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements for Swine. **10th ed. Natl. Acad. Press**, Washington, DC.
- PAXTON, R.; HARRIS, R.A. Regulation of branched-chain α -ketoacid dehydrogenase kinase. *Arch Biochem Biophys*, v.231, p.48-57, 1984.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2011. 290p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.
- VAN MILGEN, J.; GLOAGUEN, M.; LE FLOCH, N. et al. Meta-analysis of the response of growing pigs to the isoleucine concentration in the diet. *Animal*, v. 6:10, p.1601-1608, 2012.
- WAGUESPACK, A.M.; BIDNER, T.D.; PAYNE, R.L. et al. Valine and Isoleucine requirement of 20-to 45- Kilogram pigs. *Journal of Animal Science*, v.90, p. 2276-2284, 2012.

WILTAFSKY, M.K.; BARTELT, J.; RELANDEAU, C. et al. Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray-dried blood cells or corn gluten feed as a protein source. *Journal of Animal Science*, v.87, p.2554-2564, 2009.

WILTAFSKY, M.K.; PFAFFL, M.W.; ROTH, F.X. The effects of branched-chain amino acid interactions on growth performance, blood metabolites, enzyme kinetics and transcriptomics in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, v. 103, p. 964-976, 2010.