

IGOR DE FREITAS LOPES DONZELES

**RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A
LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM
DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

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
2016

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

T

D713r
2016 Donzeles, Igor de Freitas Lopes, 1989-
Relação metionina+cistina digestíveis com a lisina
digestível em dietas para leitões em diferentes ambientes
térmicos / Igor de Freitas Lopes Donzeles. – Viçosa, MG, 2016.
xiii, 58f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

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

CDD 22. ed. 636.40852

IGOR DE FREITAS LOPES DONZELES

**RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A
LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM
DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

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: 22 de março de 2016



Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva



Prof.ª Rita Flávia M. de O. Donzele
(Co-orientadora)



Prof. Alysson Saraiva
(Co-orientador)



Prof. Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

Dedico esta dissertação aos meus pais, Sérgio e Neusa, e ao meu irmão Iuri, que sempre me apoiaram e me deram forças para que esse sonho se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar os meus passos e por me dar coragem e perseverança para que nada me abalasse nessa caminhada.

Aos meus pais, Sérgio e Neusa, por estarem ao meu lado a todo instante, sempre me aconselhando com sabedoria e demonstrando carinho e amor incondicional, sempre me trazendo paz nas horas de dificuldade.

Ao meu irmão Iuri, por ser, além de um irmão, meu melhor amigo e companheiro.

Ao meu tio e orientador Juarez, pela paciência, principalmente, e por todos os ensinamentos acadêmicos e não acadêmicos que felizmente tive o prazer de receber.

À minha tia e co-orientadora Rita Flávia, pelas longas conversas e preciosos conselhos.

A toda minha família, que sempre me apoiou nesse sonho.

À Livia, meu amor, que, assim como meus pais e meu irmão, sempre esteve ao meu lado, inclusive nas horas difíceis, aguentando todo o meu nervosismo e me ajudando a superá-lo.

Aos professores do departamento de Zootecnia, por todos os ensinamentos.

A todos os funcionários do departamento e do setor de suinocultura que me recebiam todos os dias com um sorriso no rosto, em especial para aqueles que foram fundamentais para a elaboração do meu experimento: Francisco (Chico), Fernando, Raimundo, Leandro, Alessandro, José Alberto (Dedeco), Valdeir e Arlindo.

Em especial, a minha amiga Joseane e ao meu amigo Leonardo, por estarem sempre presentes ao meu lado durante a condução desse estudo.

Aos demais colegas, principalmente ao Diego Martins, Jéssica Mansur, Evandro Cardoso, Jose David e Rafael Viana, pelo apoio e pelas orientações

Ao Valdir e Rodolfo por serem, além de amigos, pessoas sempre tão prestativas e pacientes.

Aos companheiros de estudo e de trabalho, Diego Zanetti, Soraia Viana e Lívia Barbosa, pela ajuda e por compartilharem cada momento dessa fase em minha vida.

Ao pessoal do Laboratório de Fisiologia Aplicada a Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV, em especial à Pollyanna Ferreira e ao Prof. Jener, que me auxiliaram na parte da morfometria intestinal.

Ao pessoal do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, em especial, Aline e Mário.

A todos os demais que contribuíram de alguma forma para que essa etapa da minha vida fosse concluída com sucesso!

BIOGRAFIA

IGOR DE FREITAS LOPES DONZELES, filho de Sérgio Maurício Lopes Donzeles e Neusa Maria de Freitas Lopes Donzeles, nasceu em Viçosa-MG, em 21 de novembro de 1989.

Em março de 2008, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, obtendo o título de Zootecnista em novembro de 2012.

Em dezembro de 2012 foi convidado a participar de um trainee na empresa LB pork em Fairmont, Minnesota – USA, parceria da empresa com o programa MAST (Minnesota Agricultural Student Trainee) da Universidade de Minnesota, que durou até o final de outubro de 2013.

Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, tendo sua tese submetida para defesa no dia 22 de março de 2016.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	3
CAPÍTULO I - RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE TERMONEUTRO.....	5
RESUMO	5
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	28
2. CAPÍTULO II- RELAÇÃO METIONINA+CISTINA COM A LISINA DIGESTÍVEIS EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA.....	33
RESUMO	33
ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	52
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	56
4. APÊNDICE	57

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE TERMONEUTRO

Figura 1 - Representação gráfica do ganho de peso diário (g/dia) em função das relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível nas dietas de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro..... 19

Figura 2 - Representação gráfica da deposição de proteína (g/dia) em função das relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível nas dietas de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro..... 22

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE TERMONEUTRO

Tabela 1 - Composição de ingredientes e valores nutricionais das dietas experimentais fornecidas aos leitões dos 35 aos 49 dias de idade 12

Tabela 2 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, no desempenho de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro 18

Tabela 3 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre a morfometria dos diferentes segmentos do intestino delgado de leitões em ambiente termoneutro 24

Tabela 4 - Equações estatísticas de resposta dos diferentes parâmetros morfométricos avaliados no duodeno às diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível fornecidas pelas dietas experimentais aos leitões em ambiente termoneutro 24

CAPÍTULO II - RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

Tabela 1 – Composição de nutrientes e valores nutricionais das dietas experimentais fornecidas aos leitões dos 35 aos 49 dias de idade 12

Tabela 2 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre o desempenho de leitões dos 35 aos 49 dias de idade em ambiente de alta temperatura 18

Tabela 3 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre a morfometria dos diferentes segmentos do intestino delgado de leitões dos 35 a 49 dias de idade em ambiente de alta temperatura 24

Tabela 4 - Equações estatísticas de resposta da profundidade de cripta e relação vilo/cripta no duodeno às diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível fornecidas pelas dietas experimentais à leitões em ambiente de alta temperatura.....	50
---	----

RESUMO

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível em dietas para leitões em diferentes ambientes térmicos**. Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Alysson Saraiva.

Foram conduzidos dois experimentos para determinar a melhor relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) em dietas para suínos dos 35 aos 49 dias, mantidos em ambiente termoneutro e de alta temperatura. Em cada experimento foram utilizados 96 animais distribuídos em delineamento de blocos casualizados, composto de quatro tratamentos (52; 56; 60 e 64% AAS:LisD), oito repetições e três animais por gaiola, sendo esta considerada a unidade experimental. No experimento I, os suínos foram mantidos em ambiente termoneutro (28°C) dos 35 aos 49 dias de idade. As relações AAS:LisD da dieta influenciaram o ganho de peso diário (GPD), que variou de forma quadrática, estimando em 59% a relação para máximo ganho de peso. A conversão alimentar (CA) também foi influenciada pelas relações AAS:LisD, diminuindo de forma linear. Não se observou efeito dos tratamentos sobre o peso médio final (PMF), sobre o consumo de ração diário (CRD). O consumo de metionina+cistina digestíveis (CAAS) aumentou de forma linear à medida que se elevou sua relação com a lisina na dieta. Verificou-se efeito quadrático dos tratamentos na deposição de proteína diária (DP) na carcaça, que aumentou até a relação AAS:LisD estimada de 59%. Quanto às análises morfométricas, observou-se efeito dos tratamentos sobre todas as variáveis (altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação vilosidade:cripta) no duodeno, que variaram de forma quadrática, tendo as melhores relações estimadas em 61,4, 60,0 e 60,4%, respectivamente. Como no duodeno, o íleo também foi influenciado pelos tratamentos, no entanto apenas foi verificado efeito sobre a variável vilosidade:cripta, que

aumentou linearmente. No experimento II, os suínos foram mantidos em ambiente de alta temperatura (35°C) dos 35 aos 49 dias de idade. Os tratamentos influenciaram o CAAS e a CA, que aumentaram de forma linear. Não se observou efeito dos tratamentos no PMF, bem como no CRD, GPD e DP. Quanto às análises morfométricas, observou-se efeito dos tratamentos sobre as variáveis profundidade de cripta e vilosidade:cripta do duodeno, que variaram de forma quadrática, tendo as melhores relações estimadas em 61,1% e 61,4%, respectivamente. Assim como observado no duodeno, também se observou efeito dos tratamentos sobre a variável profundidade de cripta no jejuno e sobre a variável altura de vilosidade no íleo, em que ambas aumentaram de forma linear. Conclui-se que a exigência da relação de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível para suínos machos castrados e fêmeas com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro, é de 59% para máximo ganho de peso e deposição de proteína diário, de 64% para melhor conversão alimentar, de 60,4% para aspectos morfométricos do duodeno e de 64% para a morfometria do íleo. Para os animais mantidos em ambiente de alta temperatura, a exigência é de 64% de AAS:LisD para máxima conversão alimentar, de 61,4% para a morfometria do duodeno e de 64% para a morfometria do jejuno e do íleo.

ABSTRACT

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2016. **Digestible Methionine plus cysteine to lysine ratio requirement for piglets kept in different thermal environments.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Alysson Saraiva.

Two experiments were conducted to determine the requirement of standardized intestinal digestible methionine plus cysteine to lysine ratio (TSAA:Lys) for piglets from 35 to 49 days old kept in a thermoneutral environment and in a high temperature environment. In each experiment, 96 animals were used, distributed in a randomized block design, consisting of four treatments (52; 56; 60 and 64% TSAA:Lys), eight replicates and three animals per cage this being considered the experimental unit. In experiment I, the piglets were kept at a thermoneutral environment (28°C) from 35 to 49 days old. The TSAA:Lys ratio influenced the average daily gain (ADG) that was exponentially related, estimated at 59% compared to the maximum weight gain. Influence of the treatments were observed at the feed:gain ratio (FGR) that increased in a linear way. No influence of the treatments were observed on final body weight (FBW), on average daily feed intake (ADFI). The intake of digestible methionine plus cysteine (CSAA) increased linearly as it raised its relationship with lysine in the diet. Quadratic effect was found on protein deposition (Pd) on carcass that raised until the ratio TSAA:Lys of 59%. The morphometric analysis, showed treatment effect on all variables (villus height, crypt depth and villus:crypt) of duodenum that responded quadratically, finding the best ratios at 61,4; 60,0 and 60,4% respectively. The ileum was also influenced by the treatments, however only linearly effect (increasing) on villus:crypt were observed. In experiment II, the piglets were kept at a high temperature environment (35°C), from 35 to 49 days old. The treatments influenced the CSAA and FGR that increased linearly. No effect of the

treatments was observed on FBW, as on ADFI, ADG and Pd. The morphometric analysis revealed that the treatments influenced the crypt depth and villus:crypt ratio on duodenum quadratically until 61,1% and 61,4% respectively. As observed on duodenum, the treatments influenced increasing linearly the crypt depth on jejunum and the villus height on ileum. Overall, the results with the different treatments obtained in experiment I, showed that the best ratio of TSAA:Lys for ADG and Pd is 59%, for FGR is 64% and finally for morphometric parameters 60,4% for duodenum and 64% for ileum. In experiment II, the best results were reached at 64% for FGR, 61,4% for morphometric parameters of duodenum, 64% for jejunum and ileum.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Avanços constantes nos programas de melhoramento de suínos têm transformado expressivamente a genética desses animais, que se mostram cada dia mais produtivos e com tendência cada vez maior para deposição de carne na carcaça.

A metionina tem sido geralmente considerada como segundo ou terceiro aminoácido limitante nas dietas à base de milho e soja para suínos. Ela é um aminoácido essencial que não pode ser sintetizado pelo corpo, ao contrário da cistina, que pode ser obtida pela conversão da metionina sempre que houver demanda (Lu, 2009). Dessa forma, a quantidade necessária de metionina na dieta depende da quantidade de cistina, portanto é importante que se considere as quantidades tanto da metionina quanto da cistina para formulação de dietas para suínos (Zhang et al., 2015)

Considerando-se que os níveis de todos os aminoácidos são baseados em relação ao seu primeiro limitante, no caso de suínos a lisina, é necessário que mais estudos sejam realizados a fim de se obter mais informações sobre fontes e níveis de suplementação de metionina na dieta para se maximizar o desempenho desses animais, bem como a determinação da melhor relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) exigida (Remus et al., 2015).

Diversos fatores podem influenciar as exigências nutricionais dos animais. Dentre eles estão o genótipo, o sexo, a idade, a densidade dos animais, a temperatura, o manejo, a saúde do rebanho, a condição sanitária da instalação, entre outros (Rakhshandeh et al., 2014; Pinheiro et al., 2015).

O efeito da temperatura sobre o desempenho dos suínos é marcante. Sob altas temperaturas, o suíno tem sua homeostase comprometida, tendo que dispor da energia que seria usada para crescimento para ativar mecanismos comportamentais, físicos e químicos

a fim de reduzir sua produção de calor, reduzindo a taxa e a eficiência de utilização dos nutrientes para o crescimento corporal e, assim, modificando sua exigência nutricional (Kiefer et al., 2003).

O trato gastrointestinal é um importante local de metabolismo de aminoácidos sulfurados no corpo (Burrin&Stoll, 2007). Foi verificado, em estudos recentes com leitões, que o trato gastrointestinal metaboliza 20% da metionina ingerida. Constatou-se também em outros trabalhos que a exigência de metionina é aproximadamente 30% maior em animais submetidos à nutrição enteral quando comparados àqueles em nutrição parenteral, confirmando a demanda do intestino delgado por esses aminoácidos (Bauchart-Thevret et al., 2009).

Além de ser essencial para a manutenção da integridade da mucosa (Bauchart-Thevret et al., 2008), a metionina também desempenha outros importantes papéis. Ela é o principal doador de grupos metil no corpo e atua como precursor de compostos como a glutatona (GSH) e taurina. Essas importantes funcionalidades da metionina são essenciais para o desenvolvimento e para a saúde animal.

Logo, propôs-se realizar esse estudo com o objetivo de avaliar as diferentes relações de AAS:LisD e determinar a melhor relação para os leitões, mantidos em ambiente de termoneutralidade e de estresse por calor, dos 35 aos 49 dias de idade.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BAUCHART-THEVRET, C. B.; STOLL, B.; CHANG, X. et al. Sulfur amino acids are necessary for normal intestinal mucosal growth in neonatal piglets. *FASEB J.*, 22, 896.1, 2008.

BAUCHART-THEVRET, C. B.; STOLL, B.; CHACKO, S. et al. Sulfur amino acid deficiency upregulates intestinal methionine cycle activity and suppresses epithelial growth in neonatal pigs. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 296: E1239-E1250, 2009.

BURRIN, D. G.; STOLL, B. Emerging aspects of gut sulfur amino acid metabolism. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 10: 63-68, 2007.

KIEFER, C. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 30 aos 60 kg. 2003. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

LU, S.C. Regulation of glutathione synthesis. *Molecular Aspects of Medicine*, 30, 42–59, (2009).

PINHEIRO, R. W.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. et al. Níveis de metionina + cistina para leitões dos 6 aos 16 kg submetidos a diferentes graus de ativação do sistema imune. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.16, n.4, p.827-838, 2015.

RAKSHANDEH, A.; HTOO, J. K.; KARROW, N. et al. Impact of immune system stimulation on the ileal nutrient digestibility and utilization of methionine plus cysteine intake for whole-body protein deposition in growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 111, 101-110, 2014.

REMUS, A.; PERES, F. M.; HAUSCHILD, L. et al. Exploratory study on the utilization of different dietary methionine sources and methionine to lysine ratio for growing-finishing pigs. *Livestock Science*, 181, 96-102, 2015.

ZHANG, G. J.; THACKER, P. A.; HTOO, J. K. et al. Optimum proportion of standardized ileal digestible sulfur amino acid to lysine to maximize the performance of 25-50 kg growing pigs fed reduced crude protein diets fortified with amino acids. *Czech J. Anim. Sci.*, 60, (7): 302-310, 2015.

CAPÍTULO I - RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE TERMONEUTRO

RESUMO

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível em dietas para leitões em ambiente termoneutro.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Alysson Saraiva.

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar as diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) e determinar a melhor relação em dietas para leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro. Foram utilizados 96 animais, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, com peso inicial de $8,71 \pm 0,13$ kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, composto de quatro tratamentos (52; 56; 60 e 64% AAS:LisD), oito repetições e três animais por gaiola, sendo esta considerada a unidade experimental. A temperatura no interior da sala foi mantida em $26,8 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em 69%. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado em $76,6 \pm 0,01$. As relações AAS:LisD da dieta influenciaram o ganho de peso diário, que variou de forma quadrática, estimando em 59% a relação que proporcionou máximo ganho de peso. A conversão alimentar também foi influenciada pelas relações AAS:LisD, diminuindo de forma linear. Não se observou efeito dos tratamentos no peso médio final nem no consumo de ração diário. O consumo de metionina+cistina digestíveis aumentou de forma linear à medida que se elevou sua relação com a lisina na dieta.

Verificou-se efeito quadrático dos tratamentos na deposição de proteína diária na carcaça, que aumentou até a relação AAS:LisD estimada de 59%. Quanto às análises morfométricas, observou-se efeito dos tratamentos em todas as variáveis do duodeno (altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação vilosidade:cripta), que variaram de forma quadrática, sendo as melhores relações estimadas em 61,4, 60,0 e 60,4%, respectivamente. Como no duodeno, o íleo também foi influenciado pelas relações AAS:LisD, no entanto apenas foi verificado efeito na variável vilosidade:cripta, que aumentou linearmente. Concluiu-se que a exigência da relação de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível para leitões com alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro, é de 59% para máximo ganho de peso e deposição de proteína diária, de 64% para melhor conversão alimentar, de 60,4% para aspectos morfométricos do duodeno e de 64% para a morfometria do íleo.

Palavras-chave: ambiente termoneutro, leitão, relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível

CAPÍTULO I- RELAÇÃO METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE TERMONEUTRO

ABSTRACT

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2016. **Digestible methionine plus cysteine to lysine ratio requirement for piglets in a thermoneutral environment.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Alysson Saraiva.

The objective of this study was quantify the requirements of standardized ileal digestible methionine plus cysteine to lysine ratio (TSAA:Lys) for piglets from 35 to 49 days old in a thermoneutral environment. In this study, 96 animals with high genetic potential for lean meat deposition in the carcass were used, starting on $8,71 \pm 0,13$ kg of body weight, distributed in a randomized block design, consisting of four treatments (52; 56; 60 and 64% TSAA:Lys), eight replicates and three animals per cage this being considered the experimental unit. The average of the temperature inside the room was $26,8 \pm 0,09$ °C and the relative humidity was 69%. The black globe humidity index (BGHI) calculated was $76,6 \pm 0,01$. The different TSAA:Lys ratio influenced quadratically the ADG that increased until 59% TSAA:Lys. The feed:gain ratio (FGR) decreased linearly as the TSAA:Lys ratio raised. No effect of the treatments was observed on final body weight (FBW) and average daily feed intake (ADFI). The intake of digestible methionine plus cysteine increased linearly as it raised its relationship with lysine in the diet. Quadratic effect of the treatments was observed on the protein deposition (Pd) on carcass which increased until 59% TSAA:Lys. The morphometric analysis, showed

treatment effect on all variables (villus height, crypt depth and villus:crypt) of duodenum, the ileum was also influenced by the treatments, however only linearly effect on villus:crypt was observed. Overall, the results with the different treatments obtained, showed that the best ratio of TSAA:Lys for ADG and Pd is 59%, for FGR is 64% and finally for morphometric parameters 60,4% for duodenum and 64% for ileum.

Keywords: digestible methionine+cysteine:lysine ratio, piglets, thermoneutral environment

INTRODUÇÃO

O constante avanço nos programas de melhoramento genético envolvendo suínos tem criado animais cada vez mais produtivos e com potencial para maior deposição de carne na carcaça. Como consequência dessas alterações na composição corporal, torna-se necessário avaliar programas nutricionais ajustados a esta realidade.

Dietas formuladas com base no conceito de proteína ideal têm sido cada vez mais utilizadas por apresentarem os aminoácidos requeridos em proporções necessárias para garantir o bom desempenho animal. Outra vantagem a ser atribuída à utilização desse conceito é a diminuição do desperdício tanto nutricional quanto econômico, além da redução da excreção de compostos nitrogenados no meio ambiente. Para formulação de dietas com base no conceito de proteína ideal, a lisina é utilizada como aminoácido referência devido à sua importância para a síntese proteica e também por ser o primeiro aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja (NRC, 2012).

Apesar de a dieta com base na proteína ideal ser a mais utilizada atualmente, diversos fatores podem influenciar as exigências nutricionais dos animais. Dentre esses fatores estão o genótipo, o sexo, a idade, a densidade de animais, a temperatura, o manejo, a saúde do rebanho, a condição sanitária da instalação, entre outros (Rakhshandeh et al., 2014; Pinheiro et al., 2015).

No caso dos leitões, o estresse causado pelo desmame também gera um desequilíbrio metabólico, alterando as exigências de certos aminoácidos, dentre eles os aminoácidos sulfurados. A metionina é um aminoácido sulfurado de grande importância funcional em virtude de ser considerado o principal doador de grupos metil para as reações de transmetilação e de ter expressiva participação na síntese proteica. Ainda, a metionina é utilizada na síntese de diversos compostos de importante ação imunológica e antioxidante, como a glutatona (função antioxidante) e as poliaminas, que promovem a manutenção da integridade da mucosa

pela estimulação da proliferação de células do epitélio (Bauchart-Thevret et al., 2009; Ying et al., 2014).

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar as diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) e determinar a melhor relação para leitões dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP), da Universidade Federal de Viçosa (UFV) protocolo número 107/2014 e conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (UFV), no período de dezembro (2014) a junho (2015).

Foram utilizados 96 leitões, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, alojados em sala climatizada para proporcionar ambiente de conforto (28°C). Os leitões foram desmamados aos 28 dias de idade e alimentados com uma dieta controle até os 34 dias de idade. A partir dos 35 dias de idade, os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, composto por quatro tratamentos baseados em diferentes relações de metionina+cistina digestíveis em relação à lisina digestível (52%, 56%, 60% e 64% AAS:LisD), com oito repetições e três animais por gaiola, sendo esta considerada a unidade experimental. Como critério de blocagem, foi utilizado o peso inicial dos animais, $8,71 \pm 0,13$ kg. Um grupo adicional de oito animais foi abatido no início do período experimental (35 dias de idade) para determinar a composição da carcaça dos animais no início do experimento.

As dietas experimentais (Tabela 1), foram formuladas à base de milho e de farelo de soja, que foram formuladas com nível sub-ótimo de lisina digestível (1,199%) calculado pelo ajuste de 10% abaixo do nível recomendado para suínos de 9,3 a 15 kg (1,33%), segundo informações contidas em Rostagno et al. (2011). Os níveis de metionina+cistina das dietas foram obtidos pela inclusão de DL-metionina em substituição ao amido. Para evitar a deficiência de algum outro aminoácido, as relações dos demais aminoácidos essenciais com a lisina digestível foram mantidas 5% acima dos valores preconizados na proteína ideal para essa categoria animal (Rostagno et al., 2011).

Tabela 1 - Composição de ingredientes e valores nutricionais das dietas experimentais fornecidas aos leitões dos 35 aos 49 dias de idade

Ingredientes (kg)	AAS:LisD (%)			
	52	56	60	64
Milho moído, (7,5%)	57,180	57,180	57,180	57,180
Farelo soja, (45%)	20,000	20,000	20,000	20,000
Soja Micronizada, (38%)	13,740	13,740	13,740	13,740
Lactose, (95%)	4,200	4,200	4,200	4,200
Calcário Calcítico	0,674	0,674	0,674	0,674
Fosfato Bicálcico	1,910	1,910	1,910	1,910
Sal Comum	0,552	0,552	0,552	0,552
Amido	0,147	0,098	0,049	0,000
L-Lisina	0,352	0,352	0,352	0,352
DL-Metionina	0,078	0,127	0,176	0,225
L-Treonina	0,187	0,187	0,187	0,187
L-Triptofano	0,080	0,080	0,080	0,080
L-Valina	0,060	0,060	0,060	0,060
Premix Vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix Mineral ²	0,200	0,200	0,200	0,200
Óxido de Zinco	0,250	0,250	0,250	0,250
Colistina, (8%)	0,080	0,080	0,080	0,080
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
Composição nutricional ³				
Proteína bruta (%)	19,91	19,94	19,97	20,00
Lactose (%)	4,000	4,000	4,000	4,000
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825
Fósforo disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450
EM (Mcal/kg)	3,359	3,360	3,361	3,362
Lisina digestível (%)	1,199	1,199	1,199	1,199
Metionina dig. (%)	0,348	0,396	0,444	0,492
Met+Cis dig. (%)	0,624	0,672	0,720	0,768
Treonina dig. (%)	0,815	0,815	0,815	0,815
Triptofano dig. (%)	0,276	0,276	0,276	0,276
Valina dig. (%)	0,889	0,889	0,889	0,889
Isoleucina dig. (%)	0,764	0,764	0,764	0,764
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230

¹ Níveis de garantia por kg de ração: ácido fólico 0,75 mg; pantotenato de cálcio 15,00 mg; biotina 112,50 µg; niacina 26,25 mg; vitamina B6 1,50 mg; Vitamina B2 4,50 mg; selênio 225,00 µg; vitamina B1 1,50 mg; vitamina A 6.000 U.I.; vitamina B12 22,50 µg; vitamina D3 1.125 U.I.; vitamina E 18,75 U.I.; vitamina K3 2,25 mg.

² Níveis de garantia por kg de ração: cobre 112,00 mg; ferro 40,00 mg; iodo 0,80 mg; manganês 28,00 mg; zinco 64,00 mg.

³ Composição calculada com base nos coeficientes de digestibilidade preconizados por Rostagno et al. (2011).

Os animais foram alojados em gaiolas suspensas (1,1m²/animal), com piso ripado, providas de comedouros tipo calha (15 cm/animal) e de bebedouros tipo chupeta, localizadas em salas de alvenaria, com piso de concreto e coberto com telhas de cerâmica. As salas experimentais eram dotadas de sistema de aquecimento e de refrigeração automatizados que permitiam a manutenção do ambiente de conforto para os animais.

O ambiente térmico no interior das salas experimentais foi monitorado diariamente por termômetros de mínima e máxima (às 7 horas), de globo negro, de bulbo seco e de bulbo úmido (às 7, 12 e 17 horas), que foram mantidos em uma gaiola vazia no centro da sala e à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos posteriormente no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (Buffington et al. 1981), para a caracterização do ambiente térmico em que os animais foram mantidos.

As dietas e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. Para avaliação de desempenho, os animais foram pesados no início (35 dias) e ao final do período experimental (49 dias) para determinação do ganho de peso diário (GPD). As sobras de ração do chão foram coletadas diariamente e somadas às sobras de ração dos comedouros ao término do período experimental para a determinação do consumo de ração diário (CRD) e da conversão alimentar (CA).

No final do período experimental (49 dias de idade), os animais que apresentaram o peso final mais próximo do peso médio final de sua unidade experimental foram submetidos a 24 horas de jejum. Em seguida, foram insensibilizados por eletronarcole, imediatamente abatidos por sangria, depilados com lança-chamas e eviscerados.

Imediatamente após o abate e antes da lavagem do intestino delgado, foram coletados segmentos de cerca de 3 cm de comprimento do duodeno (15 cm do esfíncter estomacal), jejuno (50% do comprimento do intestino delgado) e íleo (20 cm da junção com o intestino grosso). As amostras coletadas foram enviadas ao Laboratório de Fisiologia Aplicada à Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV, para realização dos cortes histológicos e montagem de lâminas. Os diferentes segmentos do intestino foram lavados em solução fisiológica e fixados em

solução fixadora Bouin, durante 12 horas, em temperatura ambiente, e então transferidos para álcool 70%. Os fragmentos foram diafanizados em xilol e desidratados em série crescente de etanol, depois foram colocados em parafina. Foram realizados cortes semisseriados de 7 µm de espessura, com intervalo de 70 µm, obtidos com o auxílio de micrótomo rotativo manual (Leica, Alemanha), utilizando-se navalhas de aço. Os cortes foram fixados em lâminas de vidro e processados para a coloração por hematoxilina e eosina, e visualizados ao microscópio de luz para varredura inicial do tecido, em busca de possíveis alterações morfológicas e também para análises morfométricas. As preparações histológicas foram montadas com Entellan® (Merck, Frankfurt, Alemanha), foto documentadas em fotomicroscópio Olympus® BX50 (Tóquio, Japão) com câmera Biocam® 3,5 MP acoplada, pelo programa TSView 7.3.1.7v, e analisadas pelo programa de análise de imagens ImageJ 1.49v® (National Institutes of Health, USA).

Na análise morfométrica dos diferentes segmentos do intestino delgado, foram selecionadas e medidas de cada lâmina correspondente a um animal, a altura de 30 vilosidades e a profundidade de 30 criptas, bem orientadas e seccionadas longitudinalmente e posteriormente calculadas a relação vilo/cripta.

Após coleta das amostras do intestino delgado, as vísceras e o sangue foram descartados. As carcaças inteiras, incluindo os pés e as cabeças, foram pesadas e divididas longitudinalmente. O lado direito de cada carcaça foi pesado e armazenado em freezer a -12°C. Posteriormente, as meias-carcaças foram descongeladas e trituradas em um "cutter" comercial de 30 HP e 1775 rotações por minuto, durante 20 minutos. Em seguida, o material triturado foi homogeneizado, sendo então retiradas amostras de cerca de 500 g, que em seguida foram conservadas a -12°C. Essas amostras foram utilizadas para a determinação das composições de proteína e gordura das carcaças conforme metodologia descrita por Donzele et al. (1992).

Finalmente, as amostras recolhidas foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas e então distribuídas aos recipientes, formando uma camada com peso aproximado de 250 g;

após isso, foram colocadas em ultrafreezer e deixadas por 12 horas. Após saírem do ultrafreezer, foram encaminhadas imediatamente para o liofilizador, no qual permaneceram por 24 horas. Em seguida, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Em razão da alta concentração de gordura as amostras foram submetidas a um pré-desengorduramento a quente em extrator do tipo SOXHLET, durante 4 horas. Depois, as amostras pré-secadas e pré-desengorduradas foram moídas em moinho do tipo 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 à correção dos valores das análises subsequentes.

A análise bromatológica de proteína das amostras de carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

Os dados de desempenho, deposição de proteína na carcaça e de morfometria do intestino delgado coletados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS (SAS Institute, 2010, Versão 9.1.3), licenciado para a Universidade Federal de Viçosa. As médias dos tratamentos experimentais foram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Equações lineares e/ou quadráticas que melhor se ajustaram aos dados foram utilizadas para descrever o efeito dos tratamentos experimentais.

O modelo estatístico que descreve o delineamento experimental e a forma com que os dados foram analisados segue descrito abaixo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, a; \quad j = 1, \dots, b;$$

Em que

y_{ij} = observação no tratamento i e bloco j ;

μ = a média geral;

τ_i = efeito do tratamento i ;

β_j = efeito fixo do bloco j ;

ε_{ij} = erro aleatório com média 0 e variância σ^2 ; e

a = número de tratamientos; b = número de blocos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máxima, mínima e do ar e a umidade relativa no interior da sala experimental, durante o período de estudo, mantiveram-se em $28,6 \pm 0,22$; $25,6 \pm 0,12$; $26,6 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$ e $68,9 \pm 0,5\%$, respectivamente. Esses valores foram utilizados para o cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981), que correspondeu a $76,6 \pm 0,01$. Considerando-se que Pinheiro et al. (2015) relataram que a temperatura ideal para leitões dos 6 aos 16 kg situa-se na faixa de 23 a 30°C e, ainda, que Campos et al. (2008), observaram que os valores de ITGU abaixo de 80,0 caracterizavam ambientes de conforto térmico, pode-se inferir que os animais neste estudo foram mantidos em ambiente termoneutro.

Os resultados de desempenho e deposição na carcaça encontram-se apresentados na Tabela 2.

O aumento da relação AAS:LisD na dieta não influenciou ($P>0,05$) o peso médio final (PMF) dos animais, que em média correspondeu a 15,74 kg. Resultados similares foram obtidos por Gaines et al. (2005), que também não verificaram efeito da met+cis da dieta no peso médio final dos leitões dos 8 aos 26 kg.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) do aumento da relação AAS:LisD sobre o consumo de ração diário (CRD). De forma semelhante, diversos autores (Vaz et al., 2005; Gaines et al., 2005; Pinheiro et al., 2015) também não verificaram variação significativa na ingestão voluntária de alimento pelos leitões na fase de creche em razão das diferentes concentrações dos aminoácidos sulfurados (AAS) em relação à lisina das dietas.

Por outro lado, em estudos conduzidos com leitões dos 7 aos 14 kg, Shen et al. (2014) verificaram que somente quando se utilizou uma dieta basal com níveis de AAS muito abaixo da exigência do animal, em que a relação desses aminoácidos com a lisina correspondeu a 39%, o CRD foi comprometido.

Tabela 2 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, no desempenho de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro

Variável	Relação AAS/LisD (%)				CV (%)	Valor- <i>P</i>	
	52	56	60	64		Lin.	Quad.
PMI (kg)	8,87	8,44	8,84	8,68	4,83	0,814	0,376
CRD (g/dia)	645	704	689	659	9,20	0,767	0,054
CAAS ¹ (g/dia)	4,02	4,73	4,96	5,06	8,98	<0,001	0,054
GPD ² (g/dia)	464	519	531	496	9,87	0,182	0,017
CA ¹	1,39	1,36	1,29	1,33	3,98	0,007	0,088
	Deposição na carcaça						
Proteína ² (g/dia)	42,63	51,24	52,16	48,36	10,57	0,037	0,003

¹Efeito Linear ($P < 0,05$); ²Efeito Quadrático ($P < 0,05$)

Anteriormente, Opapeju et al. (2012) verificaram influência negativa da baixa concentração de AAS na dieta, em que a relação com a lisina correspondeu a 31%, no CRD dos leitões. Considerando-se, ainda, que em estudo desenvolvido com leitões na fase de creche, Gaines et al. (2005) e Vaz et al. (2005) não observaram variação significativa no CRD dos leitões com o aumento da concentração dos AAS da dieta em níveis correspondentes às relações respectivas de 49 a 69% e de 50 até 70% da lisina digestível, pode-se deduzir que os leitões parecem ser mais sensíveis à deficiência que ao excesso de aminoácidos sulfurados na dieta.

Com base no exposto anteriormente, pode-se afirmar ainda que os níveis de met+cis avaliados neste estudo, em que suas relações com a lisina, variaram de 52 a 64%, não foram suficientes para influenciar o consumo voluntário da dieta pelos animais. Coerente com esse relato, Edmonds & Baker (1987) relataram que os suínos podem tolerar considerável excesso de metionina sem variação significativa no consumo da dieta.

O consumo de AAS aumentou ($P < 0,05$) de forma linear, de acordo com a equação: $\hat{Y} = - 0,171 + 0,084X$ ($R^2 = 0,85$), à medida que se elevou a sua relação com a lisina na dieta. Vaz et al. (2005) e Moura et al.

(2006) verificaram aumento linear no consumo de AAS por leitões machos castrados e fêmeas dos 15 aos 30 kg em razão da elevação da sua concentração na dieta. Como o consumo da dieta dos leitões não diferiu entre os tratamentos, pode-se afirmar que o aumento observado no consumo de AAS está diretamente relacionado aos seus níveis nas dietas.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) do aumento da relação de AAS:LisD na dieta no ganho de peso diário (GPD) dos leitões, que melhorou até a relação estimada de 59% (Figura 1). Coerente com esses resultados, Gaines et al. (2005) concluíram com base em resultado de quatro experimentos conduzidos com leitões dos 8 aos 26 kg que a relação AAS:LisD da dieta de 59% proporcionou melhor resposta de GPD dos animais.

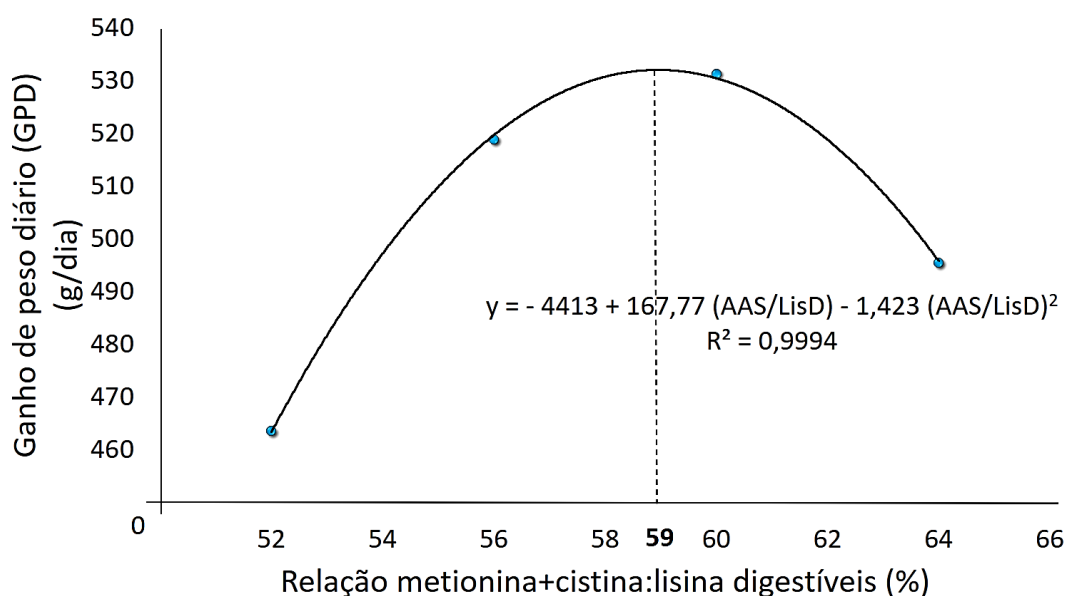


Figura 1 - Representação gráfica do ganho de peso diário (g/dia) em função das relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível nas dietas de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro

Em contrapartida, Vaz et al. (2005) e Moura et al. (2006), em estudos conduzidos com leitões dos 15 aos 30 kg, obtiveram melhores

respostas de GPD nas relações AAS:LisD correspondentes, respectivamente a 64,5 e 62,6%.

A concentração de AAS na dieta correspondente à relação de 59% com a lisina digestível, que proporcionou melhor resposta de GPD nesse estudo, ficou acima da calculada, de 56%, recomendada por Rostagno et al. (2011) para leitões dos 9,3 aos 30 kg, evidenciando, assim, que a relação de AAS proposta na Tabela Brasileira pode não atender às exigências dos leitões para maior taxa de crescimento. Estudos conduzidos por Chen et al. (2014), com leitões de 30 a 44 dias, e por Conde-Aguilera et al. (2014), com suínos dos 42 aos 161 dias, comprovaram que quantidades adequadas de AAS são necessárias para que o animal possa expressar todo o seu potencial de crescimento.

O aumento da relação AAS:LisD da dieta resultou em redução ($P < 0,05$) linear na conversão alimentar (CA) dos leitões, segundo a equação, $\hat{Y} = 1,7143 - 0,0064X$ ($R^2 = 0,60$). Embora a CA tenha melhorado de forma linear, não se observou melhora no valor absoluto a partir da relação de 60%. De forma similar, Gaines et al. (2005), em diversos estudos conduzidos para avaliar a relação ideal de AAS:LisD em dietas para leitões dos 8 aos 26 kg, obtiveram melhor resposta dos animais em eficiência alimentar no nível de AAS correspondente à relação de 60,8% com a lisina digestível.

Em contrapartida, Vaz et al. (2005) e Moura et al. (2006), avaliando a exigência de AAS para suínos dos 15 aos 30kg, obtiveram melhores respostas de CA dos animais nos níveis de AAS correspondentes às relações com a lisina digestível, de 67 e 63,2% respectivamente.

Embora os valores das relações AAS:LisD que proporcionaram os melhores resultados de desempenho dos leitões tenham variado entre os estudos, constatou-se uma coerência no fato de que a relação que proporcionou a melhor resposta de CA ficou acima da requerida para melhor resposta de GPD.

A inconsistência de resultados entre os trabalhos pode estar relacionada, entre outros fatores, à concentração de cistina na dieta e ao desafio imunológico dos animais.

Com relação à concentração de cistina na dieta, no estudo de Roth & Kirchgessner (1989), com suínos em crescimento dos 30 aos 90 kg, ficou caracterizado que as dietas com maiores proporções de metionina resultaram em melhor desempenho dos animais em relação aos que receberam as dietas com maiores proporções de cistina. Assim, como nesse estudo, em que as relações calculadas de met:met+cis em que se obteve melhores respostas de GPD (61%) e CA (64%) ficaram acima da relação de 51,6% encontrada por Qiao et al. (2008), para melhor resposta de desempenho dos leitões, pode-se inferir que provavelmente as dietas utilizadas continham baixas concentrações de cistina. Neste caso, o não comprometimento do desempenho dos leitões pode ser justificado pela reconhecida e eficiente conversão da metionina em cisteína via reação de transulfuração (Riedjik et al., 2007).

Considerando-se ainda, que a cistina pode atender até 50% das exigências de AAS dos leitões (Chung e Baker, 1992), pode-se deduzir que a alta concentração de cistina na dieta resulta em aumento da exigência de met+cis e que, ainda, segundo Lewis (2003), não há evidência de que esse excesso de cistina consumido interfira no metabolismo de metionina.

Quanto ao status sanitário dos animais, Riedjik et al. (2007) constataram que a exigência de met+cis aumentava em razão da intensidade do desafio imunológico dos animais. Segundo estes autores, o aumento da exigência estaria relacionado à elevada demanda da cisteína para síntese de glutathione. Ainda, segundo Litvak et al. (2013), além da maior demanda de AAS para produção de glutathione e proteína fase aguda, o desafio imunológico resulta também em aumento da exigência de metionina devido às suas reconhecidas ações de doadora de grupos metil para metilação do DNA e síntese de poliaminas, bem como devido à sua ação antioxidante por meio de sistema metionina sulfóxido redutase.

Ainda, com relação aos resultados de CA obtidos pode-se afirmar que a exigência de metionina + cistina e, conseqüentemente, a relação de AAS:LisD na dieta, para o leitão expressar seu máximo de eficiência

alimentar, é maior que aquela para alcançar sua máxima taxa de crescimento.

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da relação AAS:LisD da dieta na de deposição de proteína na carcaça dos leitões, que aumentou até a relação estimada de 59% (Figura 2). Influência positiva da concentração de AAS na dieta na deposição de proteína na carcaça de suínos também foi observada por diversos autores (Kiefer et al., 2005; Vaz et al., 2005; Moura et al., 2006; Pinheiro et al., 2015). Embora haja coerência quanto ao padrão de resposta da deposição de proteína na carcaça entre os estudos, constatou-se que a relação AAS:LisD em que se obteve os melhores resultados variou expressivamente entre os autores desde 58 (Pinheiro et al., 2015) até 68% (Vaz et al., 2005).

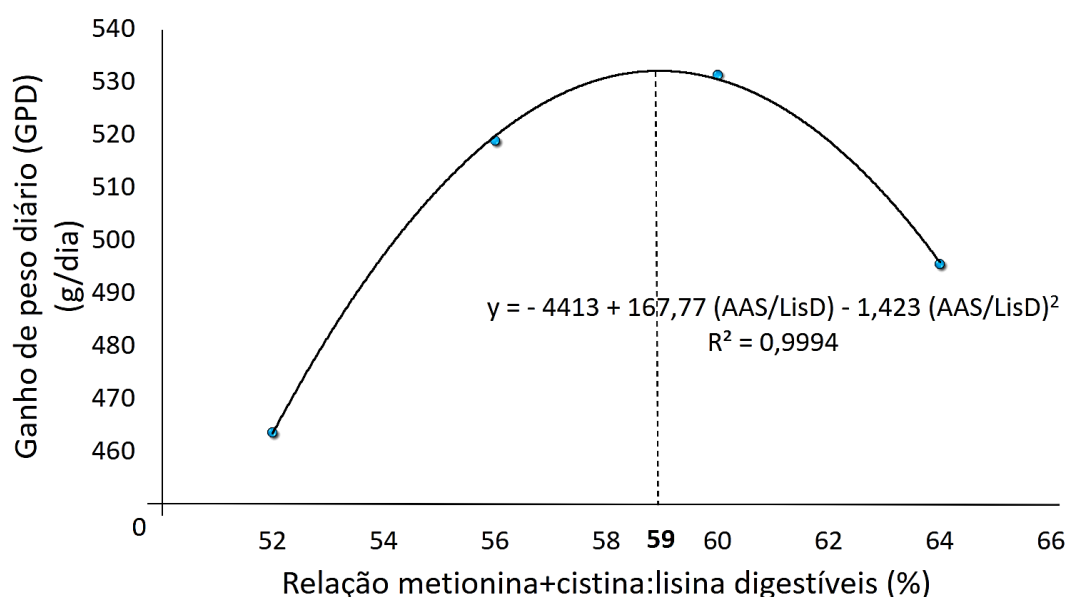


Figura 2 - Representação gráfica da deposição de proteína (g/dia) em função das relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível nas dietas de leitões, dos 35 aos 49 dias de idade, em ambiente termoneutro.

Como a composição corporal dos suínos é fundamentalmente relacionada ao sexo e genótipo (Patience et al., 2015), pode-se deduzir

que a diferença nesses fatores pode justificar a variação de resultados observada entre os trabalhos.

A redução na deposição de proteína na carcaça dos leitões observada na maior relação (64%) de AAS:LisD avaliada seria indicativo de que o excesso de metionina pode prejudicar a síntese proteica pelos suínos. De acordo com Qiao et al. (2008), o aumento da proporção relativa de metionina poderia resultar em maior síntese proteica até uma ótima relação met:cis e quando a proporção relativa de metionina estiver acima desse valor ótimo, a síntese de proteína seria reduzida com o aumento de consumo de metionina. Resultados de Litvak et al. (2013) também constataram que o excesso de metionina em relação à cistina pode prejudicar a deposição de proteína em suínos em crescimento.

Ainda, em coerência com os resultados obtidos, em que as menores relações AAS:LisD avaliadas, de 52% e 56%, prejudicaram a deposição de proteínas na carcaça, Conde-Aguilera et al. (2010); Conde-Aguilera et al. (2014) e Conde-Aguilera et al. (2015) também verificaram que a deficiência de AAS comprometia a deposição de proteína na carcaça de leitões.

Com os dados de deposição de proteína na carcaça obtidos neste estudo, ficou evidenciado que o aumento da relação AAS:LisD, de 52 até 59%, além de ter melhorado o crescimento, favoreceu também a composição do ganho aumentando a deposição de proteína. A alteração da composição dos animais ocorrida nesse estudo, justificaria os resultados de CA, uma vez que segundo Kyriazakis et al. (1994), a deposição de proteína, por agregar maior quantidade de água, é mais eficiente que a de gordura.

Os resultados das análises morfológicas do intestino delgado encontram-se apresentados na Tabela 3.

O aumento da relação AAS:LisD influenciou ($P < 0,05$) a morfometria do intestino delgado (ID) dos leitões, diminuindo a profundidade de cripta e aumentando a altura da vilosidade e a relação vilo/cripta do duodeno até as relações AAS/LisD estimadas de 60,0; 61,4 e 60,4%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 3 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre a morfometria dos diferentes segmentos do intestino delgado de leitões em ambiente termoneutro

Variável	Relação AAS:LisD (%)				CV	P-Valor	
	52	56	60	64		Lin.	Quad.
Duodeno							
Vilosidade ² (µm)	417	473	511	500	8,32	<0,001	0,025
Cripta ² (µm)	276	210	240	224	7,82	<0,001	<0,001
V/C ²	1,41	2,26	2,15	2,23	9,15	<0,001	<0,001
Jejuno							
Vilosidade (µm)	463	470	474	465	10,06	0,885	0,667
Cripta (µm)	179	180	193	184	9,88	0,357	0,422
V/C	2,60	2,63	2,47	2,54	11,61	0,475	0,883
Íleo							
Vilosidade (µm)	351	367	372	366	12,95	0,498	0,508
Cripta (µm)	182	186	175	169	13,55	0,214	0,567
V/C ¹	1,96	1,97	2,13	2,18	11,35	0,038	0,828

¹Efeito Linear (P<0,05); ²Efeito Quadrático (P<0,05).

Tabela 4 – Equações estatísticas de resposta dos diferentes parâmetros morfométricos avaliados no duodeno às diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível fornecidas pelas dietas experimentais aos leitões em ambiente termoneutro

Variável	Equações	R ²	Estimativa
Vilosidade	$\hat{Y} = -3471,3835 + 129,648875X - 1,055781X^2$	0,99	61,4 %
Cripta	$\hat{Y} = 3069,131 - 95,03825X + 0,792187X^2$	0,59	60,0 %
Vilo/Cripta	$\hat{Y} = -41,71245 + 1,4567125X - 0,01204688X^2$	0,87	60,4 %

Foi também observado que o aumento da relação de AAS:LisD na dieta influenciou (P<0,05) de forma linear a relação vilo/cripta ileal, que aumentou, segundo a equação $\hat{Y} = 0,8675 + 0,0205X$ (R² = 0,89). Os demais parâmetros de morfometria intestinal avaliados na região ileal, bem como as avaliações efetuadas na região do jejuno, não variaram (P>0,05) com o aumento da concentração AAS:LisD. Variação significativa na morfometria intestinal de leitões no pós-desmame em

razão do aumento da concentração de metionina na dieta também foi observada por Chen et al. (2014). Apesar da similaridade de respostas, foi constatado que no estudo de Chen et al. (2014) a suplementação de metionina influenciou também a altura da vilosidade e a relação vilo/cripta no jejuno, que aumentaram com os tratamentos.

Influência positiva do aumento da concentração de AAS na dieta, na morfometria do ID dos leitões, também foi observada por Shen et al. (2014) e Li et al. (2014). Em estudos com leitões, Bauchart-Thevret et al. (2009) também relataram que a deficiência de AAS comprometeu o desenvolvimento das vilosidades da mucosa dos animais.

A variação no padrão de resposta apresentada pelas regiões do ID à suplementação de AAS na dieta, constatada nos diversos estudos, confirmam o relato de Conde-Aguilera et al. (2014) de que cada região do ID dos leitões responde à deficiência de AAS diferentemente. Esses mesmos autores verificaram que os aminoácidos presentes na proteína retida pelo duodeno na maioria das vezes são retirados do lúmen intestinal em decorrência do posicionamento desse segmento em relação aos outros segmentos do intestino delgado que, por sua vez, dispõem do aminoácido circulante na corrente sanguínea para síntese proteica. Tsukahara et al. (2010) também verificaram que a morfometria dos segmentos do intestino delgado era influenciada de maneira diferenciada pela idade de desmama dos leitões.

A influência positiva à suplementação de metionina na morfometria do ID dos leitões, constatada nos diferentes estudos, evidencia que o metabolismo da metionina pela mucosa intestinal é de fundamental importância para garantir o bom desenvolvimento das células epiteliais do intestino. Em estudos conduzidos com leitões, Riedijk et al. (2007), relataram que 20% da metionina consumida foi metabolizada no trato gastrointestinal dos leitões.

Essa expressiva demanda de metionina pela mucosa intestinal, de acordo com Shen et al. (2014), estaria relacionada, entre outros fatores, ao seu papel funcional, especialmente relacionada ao seu efeito antioxidativo. Assim, uma das importantes funções metabólicas da metionina na mucosa intestinal seria promover a síntese de cisteína, que

pode ser utilizada para síntese de glutathiona (GSH) ou ser degradada em taurina, como proposto por Stipanuk (2004) e Wang et al. (2013), tendo ambas reconhecidas ações antioxidantes.

De forma coerente com essas proposições, Riedijk et al. (2007) relataram que a função da alta taxa de transulfuração da metionina no trato gastrointestinal dos leitões é atender a demanda de cisteína para síntese de GSH em razão do estresse oxidativo associado à alta atividade metabólica de proliferação celular do epitélio. De forma semelhante, Malmezat et al. (2000) e Vitvitsky et al. (2003) verificaram que o estresse oxidativo aumenta a transulfuração da metionina para atender a demanda aumentada de cisteína para síntese de GSH celular.

Considerando-se que tanto a síntese de cisteína e GSH no organismo, que são os mais expressivos agentes antioxidantes, respectivamente, no meio extracelular (Yier et al., 2009) e na célula (Wu et al., 2004), são dependentes da concentração de cisteína ou de seu precursor, metionina (Nkabyo et al., 2006), pode-se inferir que o aumento da concentração de metionina na dieta, nesse estudo, pode ter melhorado a proteção antioxidante dos leitões, o que justificaria os resultados de morfometria intestinal e, conseqüentemente, de desempenho dos leitões.

Além da função antioxidativa, estudos desenvolvidos por Chen et al. (2014) evidenciaram que a suplementação de metionina resultou em maior crescimento da mucosa intestinal associada a maiores concentrações de poliaminas, esperminas e espermidinas no ID, especialmente no duodeno. Esse fato pode justificar, em parte, a resposta diferenciada da morfometria do segmento duodenal ao aumento da relação AAS:LisD verificada nesse estudo. Os efeitos positivos das poliaminas na mucosa intestinal, segundo Wang (2007), estariam relacionados à estimulação da proliferação das células intestinais que são necessárias para a manutenção da integridade da mucosa intestinal.

Pode-se inferir com base nos resultados dos diferentes estudos que em decorrência dos importantes efeitos do metabolismo da metionina na fisiologia intestinal, o nível adequado desse aminoácido é essencial para sustentar o crescimento normal e as funções básicas do ID dos leitões no pós-desmame.

CONCLUSÃO

A exigência da relação de metionina+cistina com a lisina digestíveis para suínos, machos castrados e fêmeas com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro é de 59%, para máximo ganho de peso e deposição de proteína diário e de 60% para melhor conversão alimentar.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAUCHART-THEVRET, C. B.; STOLL, B.; CHACKO, S. et al. Sulfur amino acid deficiency upregulates intestinal methionine cycle activity and suppresses epithelial growth in neonatal pigs. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 296: E1239-E1250, 2009.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H., et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE*, v.24, p.711-714, 1981.
- CAMPOS, J. A.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C., et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. *Revista Ceres*, 55(3): 187-193, 2008.
- CHEN, Y.; LI, D.; DAI, Z., et al. L-methionine supplementation maintains the integrity and barrier function of the small-intestinal mucosa in post-weanin gpiglets. DOI 10.1007/s00726-014-1675-5, 2014.
- CHUNG, T. K.; BAKER, D. H. Maximal portion of the young pig's sulfur amino acid requirement that can be furnished by cystine. *J. Anim. Sci.*, 70:1182-1187, 1992.
- CONDE-AGUILERA, J. A.; BAREA, R.; Le FLOC'H, N., et al. A sùlfur amino acid deficiency changes the amino acid composition of body protein in piglets. *Animal*, 4:8, pp 1349-1358, 2010.
- CONDE-AGUILERA, J. A.; COBO-ORTEGA, C.; MERCIER, Y., et al. The amino acid composition of tissue protein is affected by the total sulfur amino acid supply in growing pigs. *The Animal Consortium*, 8:3, p.401-409, 2014.

- CONDE-AGUILERA, J. A.; LEFAUCHEUR, L.; TESSERAUD, S., et al. Skeletal muscles respond differently when piglets are offered a diet 30 % deficiente in total sulfur amino acid for 10 days. *Eur. J. Nutr.*, DOI 10.1007/s00394-014-0830-9, 2015.
- DONZELE, J. L.; COSTA, P. M. A.; ROSTAGNO, H. S., et al. Efeitos de níveis de energia digestíveis na composição da carcaça de suínos de cinco a quinze quilos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.21, p,1100-1106, 1992.
- EDMONDS, M.S.; BAKER, D.H. Amino acid excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptofhan, treonine or leucine. *Journal of Animal Science*, v.64, p.1664-1671, 1987.
- GAINES, A. M.; YI, G. F.; RATLIFF, B. W., et al. Estimation of the ideal ratio of true ileal digestible sulfur amino acids:lysine in 8-26 kg nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 83:2527-2534, 2005
- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L., et al. Exigência de metionina+cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos .30 aos 60 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.3, p.847-854, 2005.
- KYRIAZAKIS, I.; DOTAS, D.; EMMANS, G.C. The effects of breed on the relationship between feed composition and the efficiency of protein utilization in pigs. *Br. J. Nutr.*, v.71, p.849-859, 1994.
- LEWIS, A. J. Methionine-cystine relationships in pig nutrition. In: *Amino Acids in Animal Nutrition.*, 2ndedn. (Ed. J. P. F. D'Mello), vol.8, CAB International, Wallingford, UK, pp.143-155, 2003.

- LI, H.; WAN, H.; MERCIER, Y., et al. Changes in plasma amino acid profiles, growth performance and intestinal antioxidant capacity of piglets following increased consumption of methionine as its hydroxy analogue. *British Journal of Nutrition*, 112, 855-867, 2014.
- LITVAK, N.; HTOO, J. K.; LANGE, C. F. M. Restricting sulfur amino acid intake in growing pigs challenged with lipopolysaccharides decreases plasma protein and albumin synthesis. *Can. J. Anim. Sci.*, 93: 505-515, 2013.
- MALMEZAT, T.; BREUILLE, D.; POUYET, C., et al. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 279:E1391-E1397, 2000.
- MOURA, J. O.; BRUSTOLINI, P. C.; SILVA, F. C. O., et al. Exigências de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados e fêmeas de 15 a 30kg. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.1085-1090, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirements of Swine*, 11th Edition. National Academy Press, Washington DC, 2012.
- NKABYO, Y. S.; GU, L. H.; JONES, D. P., et al. Thiol/disulfide redox status is oxidized in plasma and small intestinal and colonic mucosa of rats with inadequate sulfur amino acid intake. *J. Nutr.*, 136, 1242-1248, 2006.
- OPAPEJU, F. O.; HTOO, J. K.; DAPOZA, C., et al. Bioavailability of methionine hydroxy analog-calcium salt relative to DL-methionine to support nitrogen retention and growth starter pigs. *Animal*, 6:11, p.1750-1756, 2012.
- PATIENCE, J. F.; ROSSONI-SERÃO, M. C.; GUTIÉRREZ, N. A. A review of feed efficiency in swine: biology and application. *J. Anim. Sci.*, 6:33, DOI 10.1186/s40104-015-0031-2, 2015.

- PINHEIRO, R. W.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. et al. Níveis de metionina + cistina para leitões dos 6 aos 16 kg submetidos a diferentes graus de ativação do sistema imune. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.16, n.4, p.827-838, 2015.
- QIAO, S.; PIAO, X.; FENG, Z., et al. The optimum methionine to methionine plus cystine ratio for growing pigs determined using plasma urea nitrogen and nitrogen balance. Asian-Aust. J. Anim. Sci., vol.21, nº7 : 434-442, 2008.
- RAKHSHANDEH, A.; HTOO, J. K.; KARROW, N., et al. Impact of immune system stimulation on the ileal nutrient digestibility and utilization of methionine plus cysteine intake for whole-body protein deposition in growing pigs. British Journal of Nutrition, 111, p.101-110, 2013.
- RIEDIJK, M. A.; STOLL, B.; CHACKO, S., et al. Methionine transmethylation and transsulfuration in the piglet gastrointestinal tract. PNAS, v.10, n.9, 2007.
- 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, DZO, 2011.
- ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M. Influence of the methionine:cysteine relationship in the feed on the performance of growing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 61:265, 1989.
- SHEN, Y. B.; WEAVER, A. C.; KIM, S. W. Effect of feed grade L-methionine on growth performance and gut health in nursery pigs compared with conventional DL-methionine. J. Anim. Sci., 92:5530-5539, 2014.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, p.235, 2002.

- STIPANUK, M. H. Sulfur amino acid metabolism: pathways for production and removal of homocysteine and cysteine. *Annu. Rev. Nutr.*, 24:539–577, (2004).
- TSUKAHARA, T.; YOSHIDA, Y.; TSUSHIMA, T., et al. A mouse model study for the villous atrophy of the early weaning piglets. *Journal of Veterinary Medical Science* 72, 241-244, 2010.
- VAZ, R. G. M. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L., et al. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30kg. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.57, n.3, p.345-352, 2005.
- VITVITSKY, V.; MOSHAROV, E.; TRITT, M., et al. *Redox Rep* 8:57–63, (2003).
- WANG, J. Y. Polyamines and mRNA stability in regulation of intestinal mucosal growth. *Amino Acids*, 33:241–252, (2007).
- WANG, W. W.; WU, Z. L.; DAI, Z. L., et al. Glycine metabolism in animals and humans: implications for nutrition and health. *Amino Acids*, 45:463–477, (2013).
- WU, G.; FANG, Y. Z.; YANG, S., et al. Glutathione metabolism and its implications for health. *J. Nutr.*, 134, 489-492, 2004.
- YIER, S. S.; RAMIREZ, A. M.; RITZENTHALER, J. D., et al. Oxidation of extracellular cysteine/cysteine redox state in bleomycin-induced lung fibrosis. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.*, 296, L37-L-45, 2009.
- YING, C. et al. L-methionine supplementation maintains the integrity and barrier function of the small-intestinal mucosa in post-weaning piglets. Springer-Verlag Wien, 2014.

2. CAPÍTULO II- RELAÇÃO METIONINA+CISTINA COM A LISINA DIGESTÍVEIS EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

RESUMO

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Relação metionina+cistina com a lisina digestíveis em dietas para leitões em ambiente de alta temperatura.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Alysson Saraiva.

O experimento realizado teve como objetivo avaliar as diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) e determinar a melhor relação em dietas para leitões dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura. Foram utilizados 96 animais, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, com peso médio inicial de $8,75 \pm 0,12$ kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, composto de quatro tratamentos (52; 56; 60 e 64% AAS:LisD), com oito repetições e três animais por gaiola, sendo esta considerada a unidade experimental. A temperatura média no interior da sala foi mantida em $32,6 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em 57%. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado em $83,7 \pm 0,01$. Os tratamentos influenciaram o consumo de aminoácidos sulfurados (CAAS) e a conversão alimentar (CA), que aumentaram de forma linear. Não se observou efeito dos tratamentos sobre o peso médio final (PMF), bem como sobre o consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e deposição de proteína na carcaça (DP). Quanto às análises morfométricas, observou-se efeito dos tratamentos sobre as variáveis

profundidade de cripta e vilosidade:cripta do duodeno, que variaram de forma quadrática tendo as melhores relações estimadas em 61,1% e 61,4%, respectivamente. Assim como observado no duodeno, também se observou efeito dos tratamentos sobre a variável profundidade de cripta no jejuno e sobre a variável altura de vilosidade no íleo, em que ambas aumentaram de forma linear. Conclui-se que a exigência da relação de metionina+cistina com a lisina digestíveis para leitões com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura é de 64% de AAS:LisD para melhor conversão alimentar, de 61,4% para a morfometria do duodeno e de 64% para a morfometria do jejuno e do íleo.

Palavras-chave: estresse por calor, leitão, relação metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível

CAPÍTULO II- RELAÇÃO METIONINA+CISTINA COM A LISINA DIGESTÍVEIS EM DIETAS PARA LEITÕES EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

ABSTRACT

DONZELES, Igor de Freitas Lopes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2016. **Digestible methionine plus cysteine to lysine ratio requirement for piglets in a high temperature environment.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Alysson Saraiva.

The objective of this study was quantify the requirements of standardized ileal digestible methionine plus cysteine to lysine ratio (TSAA:Lys) for piglets from 35 to 49 days old kept in a high temperature environment. In this study, 96 animals with high genetic potential for lean meat deposition in the carcass were used, starting on $8,75 \pm 0,12$ kg of body weight, distributed in a randomized block design, consisting of four treatments (52; 56; 60 and 64% TSAA:Lys), eight replicates and three animals per cage this being considered the experimental unit. The average of the temperature inside the room was $32,6 \pm 0,24$ °C and the relative humidity was 57%. The black globe humidity index (BGHI) calculated was $83,7 \pm 0,01$. The treatments influenced the feed: gain ratio (FGR) that raised linearly. No effect of the treatments were observed on final body weight (FBW), as on average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and protein deposition (PD). The morphometric analysis revealed that the treatments influenced the crypt depth and villus:crypt ratio on duodenum quadratically until 61,1% and 61,4% respectively. As observed on duodenum, the treatments influenced linearly, increasing, the crypt depth on jejunum and the villus height on ileum. Overall, the results with the

different treatments obtained, showed that the best ratio of TSAA:Lys for FGR is 64% and for morphometric parameters of duodenum 61,4%, 64% for jejunum and ileum.

Keywords: digestible methionine+cysteine:lysine ratio, heat stress, piglets

INTRODUÇÃO

Os aminoácidos sulfurados (AAS), metionina e cistina, são considerados como segundo e terceiro aminoácidos limitantes, respectivamente, na típica dieta de suínos à base de milho e soja. A metionina é um aminoácido essencial e não pode ser sintetizado pelo corpo do animal, ao contrário da cistina, que pode ser obtida pela conversão da metionina. Logo, é necessário estimar a cistina presente na dieta para que se possa calcular a exigência de metionina. Assim, é importante que se estime a exigência de metionina+cistina ou aminoácidos sulfurados+metionina ao formular dietas para suínos (Zhang et al., 2015).

A maioria das dietas atuais se baseia no conceito da proteína ideal visando diminuir o desperdício e o impacto ambiental causados pelo excesso de aminoácidos que serão liberados no ambiente pelas excretas. O conceito de proteína ideal ainda tem como meta poupar a energia que seria mobilizada para eliminar esses aminoácidos, melhorando os parâmetros de desempenho (Araújo & Sobreira, 2008).

No entanto, para elaboração de dietas é preciso levar em consideração diversos fatores, como o genótipo, o sexo, a idade, a densidade (animais/baia), a temperatura, o manejo, a saúde do rebanho, a condição sanitária da instalação, entre outros. Segundo Rodrigues et al. (2010), a temperatura ambiente, o consumo alimentar e energético e o desempenho animal estão intimamente interligados. Essa interação é muito importante na formulação de dietas para suínos nas diferentes estações do ano e localizações geográficas ou, ainda, para a combinação econômica ótima entre nutrição e ambiente térmico.

Suínos são extremamente susceptíveis ao estresse por calor. No caso desses animais, a alta temperatura ocasiona queda no consumo de dieta e gera danos ao epitélio intestinal modificando a morfometria intestinal (Fialho et al., 2001; Aggarwal e Upadhyay, 2013; Pearce et al., 2013).

A metionina e a cistina, são críticos para a manutenção da digestão, da absorção, do metabolismo dos nutrientes, da defesa imune da camada epitelial do intestino e da regulação da resposta da mucosa a corpos estranhos (Fang et al., 2010).

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar as diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível (AAS:LisD) e determinar a melhor relação para leitões dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP), da Universidade Federal de Viçosa (UFV) protocolo número 107/2014 e conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (UFV), no período de dezembro (2014) a junho (2015).

Foram utilizados 96 leitões, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, alojados em sala climatizada para proporcionar ambiente de alta temperatura (35°C). Os leitões foram desmamados aos 28 dias de idade e alimentados com uma dieta controle até os 34 dias de idade. A partir dos 35 dias de idade, os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, composto por quatro tratamentos baseados em diferentes relações de metionina+cistina digestíveis em relação à lisina digestível (52, 56, 60 e 64% AAS:LisD), com oito repetições e três animais por gaiola, sendo esta considerada a unidade experimental. Como critério de blocagem, foi utilizado o peso médio inicial dos animais $8,75 \pm 0,12$ kg. Um grupo adicional de oito animais foi abatido no início do período experimental (35 dias de idade) para determinar a composição da carcaça dos animais no início do experimento.

As dietas experimentais (Tabela 1), foram formuladas à base de milho e de farelo de soja, que foram formuladas com nível sub-ótimo de lisina digestível (1,199%) calculado pelo ajuste de 10% abaixo do nível recomendado para suínos de 9,3 a 15 kg (1,33%), segundo informações contidas em Rostagno et al. (2011). Os níveis de metionina+cistina das dietas foram obtidos pela inclusão de DL-metionina em substituição ao amido. Para evitar a deficiência de algum outro aminoácido, as relações dos demais aminoácidos essenciais com a lisina digestível foram mantidas 5% acima dos valores preconizados na proteína ideal para essa categoria animal (Rostagno et al., 2011).

Tabela 1 - Composição de nutrientes e valores nutricionais das dietas experimentais fornecidas aos leitões dos 35 aos 49 dias de idade

Ingredientes (kg)	AAS:LisD (%)			
	52	56	60	64
Milho moído, (7.5%)	57,180	57,180	57,180	57,180
Farelo soja, (45%)	20,000	20,000	20,000	20,000
Soja Micronizada, (38%)	13,740	13,740	13,740	13,740
Lactose, (95%)	4,200	4,200	4,200	4,200
Calcário Calcítico	0,674	0,674	0,674	0,674
Fosfato Bicálcico	1,910	1,910	1,910	1,910
Sal Comum	0,552	0,552	0,552	0,552
Amido	0,147	0,098	0,049	0,000
L-Lisina	0,352	0,352	0,352	0,352
DL-Metionina	0,078	0,127	0,176	0,225
L-Treonina	0,187	0,187	0,187	0,187
L-Triptofano	0,080	0,080	0,080	0,080
L-Valina	0,060	0,060	0,060	0,060
Premix Vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix Mineral ²	0,200	0,200	0,200	0,200
Óxido de Zinco	0,250	0,250	0,250	0,250
Colistina, (8%)	0,080	0,080	0,080	0,080
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
Composição nutricional ³				
Proteína bruta (%)	19,91	19,94	19,97	20,00
Lactose (%)	4,000	4,000	4,000	4,000
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825
Fósforo disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450
EM (Mcal/kg)	3,359	3,360	3,361	3,362
Lisina digestível (%)	1,199	1,199	1,199	1,199
Metionina dig. (%)	0,348	0,396	0,444	0,492
Met+Cis dig. (%)	0,624	0,672	0,720	0,768
Treonina dig. (%)	0,815	0,815	0,815	0,815
Triptofano dig. (%)	0,276	0,276	0,276	0,276
Valina dig. (%)	0,889	0,889	0,889	0,889
Isoleucina dig. (%)	0,764	0,764	0,764	0,764
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230

¹ Níveis de garantia por kg de ração: ácido fólico 0,75 mg; pantotenato de cálcio 15,00 mg; biotina 112,50 µg; niacina 26,25 mg; vitamina B6 1,50 mg; Vitamina B2 4,50 mg; selênio 225,00 µg; vitamina B1 1,50 mg; vitamina A 6.000 U.I.; vitamina B12 22,50 µg; vitamina D3 1.125 U.I.; vitamina E 18,75 U.I.; vitamina K3 2,25 mg.

² Níveis de garantia por kg de ração: cobre 112,00 mg; ferro 40,00 mg; iodo 0,80 mg; manganês 28,00 mg; zinco 64,00 mg.

³ Composição calculada com base nos coeficientes de digestibilidade preconizados por Rostagno et al. (2011).

Os animais foram alojados em gaiolas suspensas (1,1m²/animal), com piso ripado, providas de comedouros tipo calha (15 cm/animal) e de bebedouros tipo chupeta, localizadas em salas de alvenaria, com piso de concreto e coberto com telhas de cerâmica. As salas experimentais eram dotadas de sistema de aquecimento e de refrigeração automatizados que permitiam a manutenção do ambiente de alta temperatura para os animais.

O ambiente térmico no interior das salas experimentais foi monitorado diariamente por termômetros de mínima e máxima (às 7 horas), de globo negro, de bulbo seco e de bulbo úmido (às 7, 12 e 17 horas), mantidos em uma gaiola vazia no centro da sala e à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos posteriormente no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (Buffington et al. 1981), para a caracterização do ambiente térmico em que os animais foram mantidos.

As dietas e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. Para avaliação de desempenho, os animais foram pesados no início (35 dias) e ao final do período experimental (49 dias) para determinação do ganho de peso diário (GPD). As sobras de ração do chão foram coletadas diariamente e somadas às sobras de ração dos comedouros ao término do período experimental para a determinação do consumo de ração diário (CRD) e da conversão alimentar (CA).

No final do período experimental (49 dias de idade), os animais que apresentaram o peso final mais próximo do peso médio final de sua unidade experimental foram submetidos a 24 horas de jejum. Em seguida, foram insensibilizados por eletronarose, imediatamente abatidos por sangria, depilados com lança-chamas e eviscerados.

Imediatamente após o abate e antes da lavagem do intestino delgado, foram coletados segmentos de cerca de 3 cm de comprimento do duodeno (15 cm do esfíncter estomacal), jejuno (50% do comprimento do intestino delgado) e íleo (20 cm da junção com o intestino grosso). As porções coletadas foram enviadas ao Laboratório de Fisiologia Aplicada à Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV, para realização dos cortes histológicos e montagem de lâminas. Os diferentes segmentos

do intestino foram lavados em solução fisiológica e fixados em solução fixadora Bouin, durante 12 horas, em temperatura ambiente, e então transferidos para álcool 70%. Os fragmentos foram diafanizados em xilol e desidratados em série crescente de etanol, depois foram colocados em parafina. Foram realizados cortes semisseriados de 7 µm de espessura, com intervalo de 70 µm, obtidos com o auxílio de micrótomo rotativo manual (Leica, Alemanha), utilizando-se navalhas de aço. Os cortes foram fixados em lâminas de vidro e processados para a coloração por hematoxilina e eosina, e visualizados ao microscópio de luz para varredura inicial do tecido, em busca de possíveis alterações morfológicas e também para análises morfométricas. As preparações histológicas foram montadas com Entellan® (Merck, Frankfurt, Alemanha), foto documentadas em fotomicroscópio Olympus® BX50 (Tóquio, Japão) com câmera Biocam® 3,5 MP acoplada, pelo programa TSView 7.3.1.7v, e analisadas pelo programa de análise de imagens ImageJ 1.49v® (National Institutes of Health, USA).

Na análise morfométrica dos diferentes segmentos do intestino delgado, foram selecionadas e medidas de cada lâmina correspondente a um animal, a altura de 30 vilosidades e a profundidade de 30 criptas, bem orientadas e seccionadas longitudinalmente e posteriormente calculadas a relação vilo/cripta.

Após coleta das amostras do intestino delgado, as vísceras e o sangue foram descartados. As carcaças inteiras, incluindo os pés e as cabeças, foram pesadas e divididas longitudinalmente. O lado direito de cada carcaça foi pesado e armazenado em freezer a -12°C. Posteriormente, as meias-carcaças foram descongeladas e trituradas em um "cutter" comercial de 30 HP e 1775 rotações por minuto, durante 20 minutos. Em seguida, o material triturado foi homogeneizado, sendo então retiradas amostras de cerca de 500 g, que em seguida foram conservadas a -12°C. Essas amostras foram utilizadas para a determinação das composições de proteína e gordura das carcaças conforme metodologia descrita por Donzele et al. (1992).

Finalmente, as amostras recolhidas foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas e então distribuídas

aos recipientes, formando uma camada com peso aproximado de 250 g; após isso, foram colocadas em ultrafreezer e deixadas por 12 horas. Após saírem do ultrafreezer, foram encaminhadas imediatamente para o liofilizador, no qual permaneceram por 24 horas. Em seguida, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Em razão da alta concentração de gordura as amostras foram submetidas a um pré-desengorduramento a quente em extrator do tipo SOXHLET, durante 4 horas. Depois, as amostras pré-secadas e pré-desengorduradas foram moídas em moinho do tipo 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 à correção dos valores das análises subsequentes.

A análise bromatológica de proteína das amostras de carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

Os dados de desempenho, deposição de proteína na carcaça e de morfometria do intestino delgado coletados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS (SAS Institute, 2010, Versão 9.1.3), licenciado para a Universidade Federal de Viçosa. As médias dos tratamentos experimentais foram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Equações lineares e/ou quadráticas que melhor se ajustaram aos dados foram utilizadas para descrever o efeito dos tratamentos experimentais.

O modelo estatístico que descreve o delineamento experimental e a forma com que os dados foram analisados segue descrito abaixo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, a; \quad j = 1, \dots, b;$$

Em que

y_{ij} = observação no tratamento i e bloco j ;

μ = a média geral;

τ_i = efeito do tratamento i ;

β_j = efeito fixo do bloco j ;

ε_{ij} = erro aleatório com média 0 e variância σ^2 ; e
a = número de tratamentos; b = número de blocos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máxima, mínima e do ar e a umidade relativa no interior da sala experimental, durante o período de estudo, mantiveram-se em $35,0 \pm 0,17$; $32,4 \pm 0,22$; $32,6 \pm 0,24^\circ\text{C}$ e $57,2 \pm 0,86\%$. Estes valores foram utilizados para o cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981), sendo estimado em $83,72 \pm 0,01$. Levando-se em consideração relatos de Coffey et al. (2000), que afirmaram que a temperatura ideal para leitões na fase de creche se encontra entre 18 a 28°C ; e os de Campos et al. (2008), que observaram que os valores de ITGU acima de 80,0 caracterizavam ambientes de altas temperaturas, pode-se inferir que nesse experimento os animais foram submetidos a estresse por calor, conforme proposto.

Os resultados de desempenho e de deposição na carcaça encontram-se apresentados na Tabela 2.

O peso médio final (PMF), que em média correspondeu a 15,55 kg, não foi influenciado ($P>0,05$) pelo aumento da relação AAS:LisD na dieta. Assim como observado nesse estudo, Gaines et al. (2005), Kahindi (2015) e Zhang et al. (2015) também não verificaram efeito das diferentes relações de AAS:LisD no PMF dos leitões de 8 a 19 kg, 8 a 11 kg e 25 a 30 kg, respectivamente.

O aumento da relação AAS:LisD não influenciou ($P>0,05$) o consumo de ração diário (CRD) dos leitões. De forma semelhante, Kiefer et al. (2005) e Vaz et al. (2005) também não constataram efeito significativo das diferentes relações AAS:LisD da dieta no consumo voluntário de alimentos pelos suínos submetidos a ambientes de altas temperaturas.

Como o resultado de CRD dos leitões obtidos nesse estudo foi semelhante ao verificado com os animais no ambiente termoneutro (Cap.1), pode-se afirmar que a temperatura ambiente não constituiu um fator que interferiu com o padrão de resposta de consumo dos leitões em razão da variação de concentração dos aminoácidos sulfurados na dieta.

A variação de 23% (0,624 a 0,768%) ocorrida na concentração de aminoácidos sulfurados nas dietas avaliadas no estudo conduzido, não confirmam o relato de Roth et al. (2006), que afirmaram que leitões têm preferência por dietas balanceadas em metionina em relação às deficientes com níveis similares de cisteína digestível.

Tabela 2 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre o desempenho de leitões dos 35 aos 49 dias de idade em ambiente de alta temperatura

Variável	Relação AAS/LisD (%)				CV (%)	Valor- <i>P</i>	
	52	56	60	64		Lin.	Quad.
PMI (kg)	8,66	8,65	8,86	8,84	3,82	0,16	0,94
CRD (g/dia)	684	684	664	672	7,44	0,49	0,83
CAAS ¹ (g/dia)	4,27	4,60	4,78	5,16	7,04	<0,001	0,83
GPD (g/dia)	477	484	492	492	6,64	0,32	0,76
CA ¹	1,43	1,41	1,35	1,37	4,50	0,02	0,40
Deposição na carcaça							
Proteína (g/dia)	48,95	49,41	51,16	47,57	10,20	0,77	0,27

¹Efeito Linear; (P<0,05).

O consumo de AAS aumentou (P<0,05) de forma linear à medida que se elevou a relação AAS:LisD da dieta, segundo a equação: $\hat{Y} = 0,0716X + 0,5524$ ($R^2 = 0,98$). De forma coerente com esse resultado, Kiefer et al. (2005) e Vaz et al. (2005) também encontraram aumento linear no consumo de AAS para suínos submetidos a ambientes de alta temperatura.

Considerando-se que o CRD dos leitões não variou significativamente entre os tratamentos, o aumento verificado no consumo de AAS dos leitões pode ser justificado pela elevação da concentração desses aminoácidos à medida que se elevou a relação AAS:LisD na dieta.

Não foi verificado efeito (P>0,05) do aumento da relação AAS:LisD da dieta sobre o ganho de peso diário (GPD) dos animais. Este resultado contrasta com os de Vaz et al. (2005) e Kiefer et al. (2005), que verificaram influência da relação AAS:LisD da dieta sobre a taxa de

crescimento dos suínos dos 15 aos 30 kg e dos 30 aos 60kg, respectivamente, mantidos em ambiente de alta temperatura. Com a divergência de resultados entre os estudos, ficou evidenciado que em diferentes fases de crescimento dos animais o ambiente térmico pode influenciar o resultado de GPD em razão da variação na concentração de AAS na dieta.

Considerando-se, ainda, que no estudo conduzido no ambiente termoneutro (Cap.1) foi verificada influência positiva do aumento da relação AAS:LisD da dieta até 60% no GPD dos leitões, pode-se inferir que a temperatura ambiente, por influenciar o padrão de crescimento dos animais (Tavares et al., 2000), pode interferir alterando suas exigências nutricionais por aminoácido sulfurado para máximo crescimento, que, no caso específico desse estudo, diminuiu para uma concentração de aminoácido sulfurado na dieta correspondente a uma relação de 52% com a lisina.

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da relação AAS:LisD da dieta sobre a conversão alimentar (CA) dos animais, que melhorou de forma linear segundo a equação $\hat{Y} = 1,738 - 0,006X$ ($R^2 = 0,72$). Embora tenha sido observado efeito linear, foi constatado que a partir da relação AAS:LisD, de 60%, não se observou variação no valor absoluto de CA dos animais, que tendeu a piorar de 1,35 para 1,37. Com este resultado, ficou evidenciado que a relação de 60% de AAS:LisD na dieta foi suficiente para atender às exigências de aminoácidos sulfurados dos leitões para maximizar sua eficiência de utilização da dieta para crescimento.

De forma coerente com este resultado, em estudos conduzidos com leitões dos 15 aos 30 kg, mantidos em ambiente de alta temperatura, Vaz et al. (2005) também obtiveram melhor resposta de CA dos leitões no nível de aminoácido sulfurado correspondente à relação de 60% de AAS:LisD da dieta. Como a melhor resposta de CA dos leitões no ambiente termoneutro (Cap.1) também foi verificada com a dieta em que a relação AAS:LisD correspondia a 60%, pode-se afirmar que a temperatura ambiente não parece influenciar a eficiência de utilização dos alimentos da dieta para crescimento dos leitões.

O fato de nesse estudo não ter sido observado efeito das relações AAS:LisD sobre os dados de CRD e GPD dos leitões sugere que a melhora da CA pode estar associada à alteração na composição do ganho corporal aumentando a proporção de proteína, uma vez que a sua deposição, por agregar maior quantidade de água, é mais eficiente que a de gordura (Kyriazakis et al., 1994).

O aumento das relações AAS:LisD não influenciou ($P>0,05$) a de deposição de proteína (DP) na carcaça dos leitões. Apesar de não ter sido observado efeito significativo da concentração de aminoácidos sulfurados da dieta nesse parâmetro, constatou-se um aumento gradativo de até 4,51% no valor absoluto de DP entre as concentrações de AAS correspondentes às relações de 52 a 60%. De forma semelhante, Moura et al. (2006) também encontraram melhor resposta de DP dos leitões de 15 a 30 kg na dieta em que a concentração de aminoácidos sulfurados correspondia à relação AAS:LisD de 60%.

Como o valor da relação de AAS:LisD da dieta que proporcionou o maior valor absoluto de deposição de proteína na carcaça coincidiu com a relação em que se obteve a melhor resposta de conversão alimentar, 60% de AAS:LisD, ficou confirmado o relato anterior de que a melhor CA poderia ser explicada pela diferença na composição do ganho de peso corporal.

Os resultados das análises morfológicas do intestino delgado estão apresentados na Tabela 3.

O aumento da relação AAS:LisD da dieta influenciou ($P<0,05$) a morfometria do intestino delgado (ID) dos leitões, que aumentou de forma quadrática a profundidade de cripta e a relação vilo/cripta do duodeno até as relações estimadas de 61,1% e 61,4%, respectivamente (Tabela 4). Resultado similar foi obtido por Chen et al. (2014), que verificaram efeito significativo do aumento das concentrações de metionina na dieta na profundidade de cripta e relação vilo/cripta do duodeno.

Tabela 3 - Efeito das relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível, sobre a morfometria dos diferentes segmentos do intestino delgado de leitões dos 35 a 49 dias de idade em ambiente de alta temperatura

Variável	Relação AAS:LisD (%)				CV	P-Valor	
	52	56	60	64		Lin.	Quad.
Duodeno							
Vilosidade (µm)	446	471	475	476	7,90	0,134	0,364
Cripta ² (µm)	300	241	241	233	9,41	<0,001	<0,001
V/C ²	1,49	1,98	1,98	2,07	11,25	<0,001	0,014
Jejuno							
Vilosidade (µm)	448	442	465	464	11,04	0,379	0,890
Cripta ¹ (µm)	167	162	188	184	10,62	0,018	0,920
V/C	2,71	2,74	2,48	2,54	11,98	0,144	0,911
Íleo							
Vilosidade ¹ (µm)	342	341	352	385	9,65	0,018	0,166
Cripta (µm)	172	173	169	182	11,29	0,392	0,399
V/C	2,02	1,99	2,09	2,12	11,45	0,300	0,761

¹Efeito Linear; ²Efeito Quadrático; (P<0,05)

Tabela 4 - Equações estatísticas de resposta da profundidade de cripta e relação vilosidade/cripta no duodeno às diferentes relações metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível fornecidas pelas dietas experimentais à leitões em ambiente de alta temperatura

Variável	Equações	R ²	Estimativa
<i>Cripta</i>	$\hat{Y} = 3238,747 - 98,509X + 0,80625X^2$	0,92	61,1 %
<i>Vilosidade/cripta</i>	$\hat{Y} = - 21,55345 + 0,769587X - 0,00626X^2$	0,91	61,4 %

Embora neste trabalho não tenha sido observada influência (P>0,05) das diferentes relações AAS:LisD sobre o parâmetro de altura de vilosidade do duodeno, verificou-se um aumento médio de 6,3% quando se comparou a relação AAS:LisD, de 52%, com a média dos resultados dos demais tratamentos. Esse padrão de resposta sugere que dentre as relações de AAS:LisD estudadas, a de 52% comprometeu o desenvolvimento morfométrico do duodeno.

A melhora da morfometria duodenal em resposta ao aumento da concentração de metionina da dieta pode estar relacionada à elevação das concentrações dos polications, como esperminas e espermidinas, produzidos a partir do metabolismo desse aminoácido na mucosa do intestino delgado, principalmente no duodeno (Chen et al., 2014), se considerado que essas moléculas favorecem a proliferação celular e a manutenção da integridade da mucosa duodenal (Ying et al., 2014).

Foi observado efeito ($P < 0,05$) do aumento da relação de AAS:LisD da dieta na profundidade de cripta do jejuno e na altura de vilosidade do íleo, que aumentaram de forma linear segundo as equações: $\hat{Y} = 65,805 + 1,88625X$ ($R^2 = 0,58$) e $\hat{Y} = 153,235 + 3,47625X$ ($R^2 = 0,76$), respectivamente. De forma coerente com esses resultados, Bauchart-Thevret et al. (2009) constataram que dieta deficiente em AAS comprometia tanto a profundidade de cripta do jejuno quanto a altura de vilosidade do íleo da mucosa do intestino delgado dos leitões.

A alteração constatada na profundidade de cripta no jejuno pode ser justificada pelo aumento médio não significativo de 4,4% verificado na altura de vilosidade nos dois últimos tratamentos avaliados, uma vez que não houve comprometimento da relação vilo/cripta.

Os demais parâmetros de morfometria intestinal avaliados na região do jejuno e íleo não variaram ($P > 0,05$) com o aumento da concentração AAS:LisD da dieta. Esses resultados estão consistentes com o relato de Conde-Aguilera et al. (2014) de que cada região do ID dos leitões responde de maneira diferenciada à deficiência de AAS na dieta.

As alterações positivas ocorridas na morfometria intestinal dos leitões, nesse estudo, podem estar relacionadas, entre outros fatores, à funcionalidade dos diversos metabólitos (cisteína, taurina e GSH) gerados pelo metabolismo da metionina no intestino delgado dos leitões, uma vez que ele consome cerca de 20 a 30% de toda metionina consumida (Bauchart-Thevret et al., 2009).

CONCLUSÃO

A exigência da relação de metionina+cistina com a lisina digestíveis para suínos, machos castrados e fêmeas, com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça, dos 35 aos 49 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura, é de 64% de AAS:LisD para melhor conversão alimentar.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. Heat Stress and Animal. Springer Science & Business Media, 2012.
- ARAÚJO, W.A.G.; SOBREIRA, G.F. Proteína ideal como estratégia nutricional na alimentação de suínos. Revista Eletrônica Nutritime, v.5, p.537-545, 2008.
- BAUCHART-THEVRET, C. B.; STOLL, B.; CHACKO, S. et al. Sulfur amino acid deficiency upregulates intestinal methionine cycle activity and suppresses epithelial growth in neonatal pigs. American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism, 296: E1239-E1250, 2009.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H., et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Trans. ASAE, v.24, p.711-714, 1981.
- CAMPOS, J. A.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C., et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. Revista Ceres, 55(3): 187-193, 2008.
- CHEN, Y.; LI, D.; DAI, Z., et al. L-methionine supplementation maintains the integrity and barrier function of the small-intestinal mucosa in post-weaning piglets. DOI 10.1007/s00726-014-1675-5, 2014.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. Lexington: University of Kentucky, 2000.

- CONDE-AGUILERA, J. A.; COBO-ORTEGA, C.; MERCIER, Y., et al. The amino acid composition of tissue protein is affected by the total sulfur amino acid supply in growing pigs. *The Animal Consortium*, 8:3, p.401-409, 2014.
- DONZELE, J. L.; COSTA, P. M. A.; ROSTAGNO, H. S., et al. Efeitos de níveis de energia digestíveis na composição da carcaça de suínos de cinco a quinze quilos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.21, p,1100-1106, 1992.
- FANG, Z. F.; YAO, K.; ZHANG, X. L., et al. Nutrition and health relevant regulation of intestinal sulfur amino acid metabolism. *Amino Acids* 39:633–640, (2010).
- FIALHO, E. T.; OST, P. R.; OLIVEIRA, V. Interações ambiente e nutrição – estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, Concórdia-SC, Brasil, 2001.
- GAINES, A.; YI, G.; RATLIFF, J. et al. Estimation of the ideal ratio of true ileal digestible sulfur amino acids: lysine in 8-26 kg nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 83, 2527-2534, 2005
- KAHINDI, R. K. Assessment of standardized ileal digestible lysine in sulfur amino acids to lysine ratio for weaned piglets fed antibiotic-free diets. 2015. 147f. Thesis (Doctor of philosophy) – University of Manitoba, Winnipeg, Canadá, 2015.
- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L., et al. Exigência de metionina+cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos .30 aos 60 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.1, p.104-111, 2005.

- KYRIAZAKIS, I.; DOTAS, D.; EMMANS, G.C. The effects of breed on the relationship between feed composition and the efficiency of protein utilization in pigs. *Br. J. Nutr.*, v.71, p.849-859, 1994.
- MOURA, J. O.; BRUSTOLINI, P. C.; SILVA, F. C. O., et al. Exigências de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados e fêmeas de 15 a 30kg. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.1085-1090, 2006.
- PEARCE, S. C.; MANI, V.; BODDICKER, R. L. et al., Heat stress reduces intestinal barrier integrity and favors intestinal glucose transport in growing pigs. *Plos One*, v.8, issue 8, e70215, 2013.
- RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, p. 17, 2010.
- 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, DZO, 2011.
- ROTH, F. X.; MEINDL, C.; ETTLE, T. Evidence of a dietary selection for methionine by the piglet. *Journal of Animal Science* 84, 379–386, 2006.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, p.235, 2002.
- TAVARES, S. L. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M., et al. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. *Rev. Bras. Zootec.*, 29(1): 199-205, 2000.

VAZ, R. G. M. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L., et al. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 15 aos 30kg. Rev. Bras. Zootec., v.34, n.5, p.1633-1639, 2005.

YING, C. et al. L-methionine supplementation maintains the integrity and barrier function of the small-intestinal mucosa in post-weaning piglets. Springer-Verlag Wien, 2014.

ZHANG, G. J.; THACKER, P. A.; HTOO, J. K. et al. Optimum proportion of standardized ileal digestible sulfur amino acid to lysine to maximize the performance of 25-50 kg growing pigs fed reduced crude protein diets fortified with amino acids. Czech J. Anim. Sci., 60, (7): 302-310, 2015.

3. CONCLUSÕES GERAIS

No experimento I, no qual os animais foram submetidos ao ambiente termoneuro, as melhores relações de metionina+cistina digestíveis com a lisina digestível encontradas foram; 59% para os parâmetros ganho de peso diário e deposição de proteína diário e 64% para a conversão alimentar. Para as análises morfométricas do intestino delgado, as relações que melhor atenderam às necessidades dos animais para desenvolvimento do segmento duodenal (altura de vilosidade, profundidade de cripta, e relação altura de vilosidade/profundidade de cripta) foram 61,4%; 60,0% e 60,4%, respectivamente. Por outro lado, para as análises morfométricas do íleo, o único parâmetro que foi influenciado estatisticamente pelos tratamentos foi a relação vilo/cripta, em que a melhor relação AAS:LisD encontrada foi de 64%.

No experimento II, em que os animais foram submetidos ao ambiente de estresse por calor, a relação de 64% de AAS:LisD observada foi a que melhor atendeu às exigências dos animais para que eles obtivessem melhor conversão alimentar. Para as análises morfométricas do intestino delgado, a relação AAS:LisD que proporcionou os melhores resultados para o desenvolvimento do segmento duodenal foi de 61,4%. Nas análises morfométricas do jejuno e íleo os resultados demonstraram influência significativa e linear dos tratamentos sobre os parâmetros profundidade de cripta e altura de vilosidade, respectivamente, que apresentaram melhores resultados na relação AAS:LisD, de 64%.

4. APÉNDICE



Viçosa, 24/04/2015

CERTIFICADO

A comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa certifica que o **processo nº 107/2014**, intitulado “**Relação metionina+cistina com a lisina digestíveis em dietas para suínos dos 35 aos 49 dias de idade**”, coordenado pelo **prof(a). Juarez Lopes Donzele**, está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e com a legislação vigente, tendo sido aprovado por esta Comissão em **24/Abr/2015**.

CERTIFICATE

The ethic commission in use of production animals of universidade federal de viçosa certifies that the **process number 107/2014**, named “**Digestible methionine plus cystine ratio with digestible lysine in diets for piglets from 35 to 49 days old**”, coordinated by **prof(a). Juarez Lopes Donzele**, is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the National Council of Animal Experimentation Control (CONCEA) and with actual Brazilian legislation, and was approved by this commission on **Apr, 24th, 2015**.

Mário Luiz Chizzotti
Coordenador da CEUAP/UFV