

Níveis de metionina + cistina para leitões dos 6 aos 16 kg submetidos a diferentes graus de ativação do sistema imune¹

Methionine + cystine levels for piglets from 6 to 16 kg kept under different degrees of immune system activation

PINHEIRO, Roniê Wellerson²; FONTES, Dalton de Oliveira³; SILVA, Francisco Carlos de Oliveira^{4*}; SCOTTÁ, Bruno Andreatta⁵; SILVA, Martinho Almeida e³; SOUZA, Luisa Pinto Oliveira²; VIDAL, Tatiana Zacché Batista²

¹Projeto financiado pela Fapemig

²Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

³Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

⁴Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

⁵Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

*Endereço para correspondência: fcosilva@epamig.com.br

RESUMO

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de metionina + cistina da dieta sobre o desempenho, características de carcaça e a resposta imunológica de leitões recém-desmamados. Foram utilizados 360 leitões, 180 machos e 180 fêmeas, desmamados com idade média de 18,8 dias e peso inicial de $5,43 \pm 1,17$ kg. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2, com cinco níveis de metionina + cistina total (0,70; 0,77; 0,85; 0,93 e 1,01%) e duas formas de ativação do sistema imune (vacinados e não vacinados), quatro repetições e nove animais por unidade experimental. Não houve interação entre os níveis de metionina+cistina e o grau de ativação do sistema imune dos animais para todos os parâmetros avaliados. A ativação do sistema imune reduziu em 7% o consumo de ração e em 5% no ganho de peso diário dos animais. Os níveis de metionina + cistina melhoraram de forma linear a conversão alimentar e a deposição de proteína diária na carcaça à medida que o nível dos aminoácidos sulfurados aumentou nas dietas. Suínos dos seis aos 16kg, independente da ativação do sistema imune, exigem 0,90% de metionina + cistina total, o que corresponde a um consumo diário de metionina + cistina de 4,44 g/dia e uma relação de 58% metionina+cistina:lisina.

Palavras-chave: aminoácidos, deposição proteica, imunidade, proteína ideal

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the effects of dietary methionine + cystine levels on performance, carcass characteristics and immune response of weanling pigs. It was used 360 piglets, 180 males and 180 females, weaned at 20.3 days of age and initial weight of 5.43 ± 1.17 kg. Was used the experimental design of randomized blocks in a 5x2 factorial design, with five levels of total methionine + cystine (0.70; 0.77; 0.85; 0.93 e 1.01%) and two forms of immune system activation (vaccinated and unvaccinated), with four replications and nine animals per experimental unit. There was no interaction between the methionine + cystine levels and the degree of activation of the immune system of animals for all parameters evaluated. The immune system activation decreased by 7% feed intake and 5% in daily weight gain of the animals. Methionine and cystine levels linearly improved feed conversion and daily protein deposition on the carcass as the level of sulfur amino acids in the diets increased. Pigs from six to 16 kg, independent of immune system activation, require 0.90% of total methionine + cystine, which corresponds to a daily intake of methionine + cystine 4.44 g/day and a ratio of 58% methionine + cystine: lysine.

Keywords: amino acids, ideal protein, immunity, protein deposition

INTRODUÇÃO

Os suínos modernos foram selecionados para grande deposição de carne magra. Entretanto, este potencial só pode ser atingido quando os animais recebem uma alimentação balanceada que atenda todas as suas necessidades nutricionais. Diversos fatores podem influenciar as exigências nutricionais dos animais, como o genótipo, o sexo, a temperatura ambiente, a densidade populacional, entre outros.

Dentre os aminoácidos essenciais, a metionina é considerada o segundo limitante em dietas à base de milho e farelo de soja, para suínos em crescimento (CHEN et al., 2014). As exigências de metionina + cistina podem ser alterada pelo nível protéico das dietas, sistema de alimentação, capacidade genética dos animais, relação entre os outros aminoácidos limitantes e saúde dos animais (RAKSHANDEH et al., 2014). Quando os animais apresentam o sistema imune ativado às exigências de metionina + cistina tende a serem maiores, pois a síntese de cisteína a partir da metionina tende a aumentar (MALMEZAT et al., 2000; LI et al., 2014).

A oxidação da maioria dos aminoácidos aumenta durante os processos inflamatórios, porém o catabolismo de cisteína tende a reduzir nestes períodos. Isso indica que a cisteína é preservada para síntese de componentes importantes para a proteção contra o estresse oxidativo. A cisteína é utilizada para a síntese de proteína de fase aguda e, principalmente, para síntese de glutathione. A glutathione é quantitativamente o antioxidante intracelular mais abundante tendo vários papéis importantes, sendo de vital importância na proteção contra o desenvolvimento do estresse oxidativo que acompanha os estados inflamatórios (Le FLOCH et al., 2004).

Assim, objetivou-se avaliar níveis de metionina+cistina em leitões pós desmame com sistema imune ativado ou não sobre o desempenho e composição de carcaça dos 6 aos 16kg.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma granja comercial, localizada no município de Patos de Minas, Minas Gerais. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com piso semi-ripado e coberto com telhas de barro. As baias continham comedouros de alvenaria e bebedouros tipo taça com área de 0,26m²/animal. Foi utilizado termômetro de máxima e mínima colocados no interior dos galpões para registro diário da temperatura durante todo o período experimental.

Foram utilizados 360 leitões, sendo 180 machos castrados e 180 fêmeas, desmamados com idade média de 18,8 dias de idade e peso inicial de 5,43 ± 1,17kg. Os animais foram distribuídos em arranjo fatorial 2x5 sendo dois níveis de ativação do sistema imune (ativado e não ativado) e cinco níveis de metionina + cistina total (0,70; 0,77; 0,85; 0,93; 1,01%) em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e nove animais por unidade experimental. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, adotou-se como critério o peso inicial dos animais. O sexo foi equilibrado entre os tratamentos, mantendo-se o mesmo número de leitões machos castrados e fêmeas por tratamento. No início do experimento, cinco leitões da mesma linhagem, com peso médio de 5,5 ± 0,1kg, foram abatidos para determinar a composição da carcaça dos suínos no início do experimento.

A ativação do sistema imune dos animais foi realizada através de

vacinação contra pneumonia enzoótica (*Mycoplasma hyopneumoniae*) e *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Estas vacinações foram realizadas em duas doses, aos 20 e aos 35 dias de vida. Os animais que não foram vacinados receberam injeções com 2 ml de solução salina. A avaliação da ativação do sistema imune foi determinada a partir da dosagem da concentração plasmática de cortisol e de proteína hepática de fase aguda (proteína C reativa). Essas determinações foram feitas utilizando Kits Elisa comerciais.

Para determinação da concentração plasmática de cortisol foi realizada coleta de sangue no tempo zero (T-0), ou seja, antes da estimulação antigênica vacinal de 18 animais que foram escolhidos aleatoriamente. Após a estimulação foram coletadas amostras de sangue às 2, 4, 8 e 12 horas de 18 animais sendo nove animais por tratamento (sistema imune ativado ou não ativado). O sangue coletado foi imediatamente centrifugado, por 10 minutos para retirada do soro, e armazenado em freezer para posteriores análises.

Para dosagem de proteína C reativa (PCR) outros 18 animais foram escolhidos aleatoriamente para a coleta de sangue no T-0, momento anterior à estimulação antigênica vacinal. Nesse caso, após a estimulação do sistema imune, foram coletadas amostras de sangue às 24, 48, 60 e 96 horas, de nove animais por tratamento. Após a coleta, o sangue foi centrifugado por 10 minutos para retirada do soro e acondicionado em freezer para posteriores análises. A concentração de proteína hepática de fase aguda (PCR) foi utilizada como indicativo da ativação ou não do sistema imune.

As rações foram formuladas para atender as exigências mínimas dos suínos na fase pré-inicial de crescimento, de acordo com

Rostagno et al. (2005) para todos os nutrientes, exceto para metionina + cistina, que foi acrescentada às dietas em substituição ao amido de milho (Tabela 1). As rações foram suplementadas com 1,55% de lisina total, resultando em dietas experimentais com relações metionina + cistina:lisina de 45, 50, 55, 60 e 65%, e também foram suplementadas com treonina e triptofano quando necessário para manter a relação com a lisina. As dietas experimentais e a água foram fornecidas à vontade, durante todo o período experimental.

As rações fornecidas, assim como as sobras, foram pesadas semanalmente, e os animais pesados individualmente no início, aos 15 dias, e no final do período experimental (peso médio de $16,0 \pm 0,28\text{kg}$) para a determinação do consumo de ração diário (CRD), consumo de metionina + cistina diário (CMD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA).

No final do período experimental, após a pesagem dos animais, um animal de cada unidade experimental foi abatido. O animal abatido foi o que apresentou o peso mais próximo da média da unidade experimental. O abate foi realizado após um período de 12 horas de jejum, os animais foram insensibilizados com choque, abatidos por sangria e imediatamente eviscerados.

As vísceras e o sangue foram descartados, as carcaças inteiras foram pesadas e cerradas ao meio, e a metade esquerda de cada carcaça, foi pesada e armazenada em freezer a -12°C , para posterior determinação da taxa de deposição de proteína, gordura e água. As meias carcaças foram trituradas por 20 minutos em "CUTTER" comercial de 30 HP, homogeneizadas, e retiradas amostras que foram estocadas em freezer a -12°C , para posteriores análises.

Tabela 1. Composição centesimal e valores nutricionais das rações experimentais

Ingredientes (%)	Nível de metionina + cistina				
	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01
Milho grão	24,822	24,822	24,822	24,822	24,822
Soja farelo (45% de PB)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Milho Pré-cozido	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Soro leite em pó	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Leite integral pó	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Açúcar	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Óleo de soja	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Farinha de peixe (65% de PB)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Plasma	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Amido	0,400	0,324	0,249	0,168	0,087
Fosfato bicálcico	1,009	1,009	1,009	1,009	1,009
Calcário	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642
Ácido fumárico	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Suplemento vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Colistina Sulf. 80%	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sal comum	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Suplemento mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sulfato de cobre (25% de Cu)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Oxido de Zinco	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Melhorador eficiência alimentar ³	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Edulcorantes	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Lisina –HCL	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379
DL-Metionina	0,002	0,078	0,153	0,234	0,315
L-Treonina	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190
L-Triptofano	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Nutricionais Calculados ⁴					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.467	3.467	3.467	3.467	3.467
Proteína Bruta (%)	19,72	19,72	19,72	19,72	19,72
Cálcio (%)	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830
Fósforo Disponível	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
Lisina Total (%)	1,550	1,550	1,550	1,550	1,550
Met + Cis Total (%)	0,700	0,770	0,850	0,930	1,010
Treonina Total (%)	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066

¹Níveis de garantia (por kg do produto): Biotina 16,5600 mg; Vitamina E 10.500,000 mg; Piridoxina 700,000 mg; Vitamina K₃ 2.800,000 mg; Colina 126,0000 g; Niacina 13.650,0000 mg; Acido Pantotenico 7.350,0000 mg; Vitamina A 2.800,0000 ui/kg; Tiamina 700,0000mg; Vitamina B₁₂ 11.550,0000 mcg; Vitamina D₃ 1.050,0000 ui/kg; Acido Fólico 420,0000 mg; Riboflavina 2.100,0000 mg; Selênio 136,5000mg; Antioxidante 1.500,0000 mg.² Níveis de garantia (por kg do produto): Cálcio 98.800 mg; Cobalto 185 mg; Cobre 15.750 mg; Ferro 26.250 mg; Iodo 1.470 mg; Manganês 41.850 mg; Zinco 77.999 mg. ³ Produto contendo florfenicol: 4 kg/100 kgl Segundo Rostagno et. al (2005).

Em razão da alta concentração de água e gordura na carcaça dos animais, as amostras foram submetidas a uma pré-secagem em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 60°C, por 72 horas, seguida de um pré-desengorduramento, a quente, por 24

horas, em extrator tipo SOXHLET. As amostras pré-secas e pré-desengorduradas foram, então, moídas em moinho de faca e acondicionadas para posteriores análises. A taxa de deposição de carne e gordura nas carcaças foi calculada comparando-se

as composições das carcaças dos animais no início e no final do período experimental. As análises bromatológicas das rações e das carcaças foram realizadas de acordo com o método descrito por Silva & Queiroz (2002), no Laboratório de Nutrição Animal da empresa Nutron Alimentos Ltda.

As variáveis de desempenho, a composição da carcaça, taxas de deposição de proteína e gordura nas carcaças e as concentrações de cortisol e proteína C reativa foram submetidas à análise de variância utilizando-se o Sistema de Análise Estatística e Genética - SAEG (UFV, 2000), sendo as médias comparadas pelo teste F. Foi considerado o valor alfa limite de 5,0% para se relevar a significância entre tratamentos. As estimativas de exigência de metionina + cistina total foram determinadas por meio de análises de regressão linear, quadrática e/ou pelo modelo descontínuo "Linear Response Plateau" (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável estudada.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As médias das temperaturas, mínimas e máximas, registradas durante o período experimental foram 23°C e 30°C respectivamente. De acordo com Campos et al. (2008) e Maurício et al. (2014) os animais mantidos nessa faixa de temperatura encontram-se em conforto térmico para a fase inicial de crescimento.

Não se observou interação entre os níveis de metionina + cistina (met + cis) e a ativação ou não do sistema imune (Tabela 2) para todos os parâmetros de desempenho avaliados, evidenciando que animais com ou sem ativação do sistema imune reagem da mesma forma aos níveis crescentes de metionina + cistina.

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da ativação imune sobre o ganho de peso diário (GPD), sendo que os animais com sistema imune ativado apresentaram um GPD aproximadamente 5% menor, quando comparados aos animais sem o sistema imune ativado. A ativação do sistema imune também afetou consumo de ração ($P < 0,05$), este reduziu em média cerca de 7% para os animais com sistema imune ativado. Stahly et al. (1996) e Willians et al. (1997) também observaram efeitos negativos da ativação do sistema imune sobre o desempenho dos leitões. Resultados semelhantes também foram encontrados por Wu et al. (2012) ao submeterem leitões desmamados ao estímulo imunológico através da *Escherichia coli* e, observaram redução no ganho de peso em média, 16,03% em relação aos grupos não desafiados. Em condições de desafio, uma série de reações metabólicas são desencadeadas modificando as exigências de determinados nutrientes, comprometendo o desenvolvimento.

Por outro lado, o GPD não foi influenciado pelos níveis de met + cis total das dietas ($P > 0,05$). Kiefer et al. (2005) e Kiefer et al. (2005b) trabalhando com suínos na fase de crescimento, mantidos em ambiente de conforto térmico e estressados por calor observaram efeito quadrático e linear respectivamente do níveis de met + cis digestível sobre o GPD.

A ativação ou não do sistema imune não ($P > 0,05$) influenciou o consumo de ração diário (CRD). Esse resultado não confirma o relato de Trevisi et al. (2009) ao verificaram que leitões desmamados submetidos a desafio com LPS aumentam o consumo de ração para manter a taxa de crescimento, como de forma de compensarem parcialmente efeitos negativos do desafio. Do mesmo modo, não se verificou efeito ($P > 0,05$) dos níveis de

met + cis total sobre o CRD. Este resultado foi semelhante aos observados Santos et al. (2007) e Vieira Vaz et al. (2005) ambos trabalhando com leitões na fase de creche.

Com relação ao consumo diário de met + cis total constatou-se aumento linear ($P < 0,01$) no consumo diário de met +

cis em razão do aumento dos seus níveis na dieta. Uma vez que o CRD não variou ($P > 0,05$) entre os níveis de met + cis total nas dietas, pode-se inferir que o aumento no consumo diário de met + cis total ocorreu em razão do nível crescente de metionina nas dietas.

Tabela 2. Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e consumo diário de metionina + cistina, para suínos dos seis aos 16 kg, em função dos níveis de Met + Cis na dieta e de ativação do sistema imune

Variável	Sistema imune	Nível de Met +Cis (%)					Média	CV
		0,70	0,77	0,85	0,93	1,01		
Ganho de Peso (g/dia)	Não Ativado	331	343	359	336	374	349 ^a	4,0
	Ativado	321	347	335	300	355	332 ^b	
	Média	326	345	347	318	365	-	
Consumo de ração (g/dia)	Não Ativado	490	505	507	490	518	502 ^a	7,4
	Ativado	482	506	493	438	495	483 ^b	
	Média	486	505	500	464	506	-	
Conversão Alimentar (g/g) ¹	Não Ativado	1,48	1,47	1,41	1,46	1,39	1,44	5,0
	Ativado	1,5	1,46	1,48	1,47	1,39	1,46	
	Média	1,49	1,46	1,44	1,46	1,39	-	
Consumo de met + cis (g/dia)	Não Ativado	3,43	3,89	4,31	4,56	5,23	4,28	7,3
	Ativado	3,37	3,70	4,19	4,07	5,00	4,07	
	Média	3,40	3,79	4,25	4,32	5,11	-	

¹Efeito linear ($P > 0,05$). $Y = 1,7030 - 0,3040 X$ ($R^2 = 0,99$).

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna difere pelo teste F ($P < 0,05$).

Não houve efeito ($P > 0,05$) da ativação do sistema imune sobre a conversão alimentar (CA). Dessa forma, a eficiência alimentar entre animais com sistema imune ativado, por meio de antígenos vacinais e o grupo controle foi semelhante. Resultados semelhante foi encontrado por Van Heutgen et al. (1994). Entretanto, Stahly et al. (1996) verificaram efeito da ativação do sistema imune sobre a conversão alimentar. Essas diferenças entre diferentes trabalhos podem ter ocorrido em razão das metodologias utilizadas para estimulação do sistema imune, que pode ser aguda, por meio da aplicação de

lipopolissacarídeos (LPS) ou crônica, por meio da aplicação de antígenos vacinais.

A estimulação do sistema imune por meio da aplicação de LPS pode resultar em alterações na relação lisina/metionina e lisina/treonina indicando que animais sobre estresse imunológico demandam maior proporção de metionina e treonina para elaboração de uma resposta imune eficiente e melhor desempenho (JIANWEN et al. 2006). Por outro lado, o método de utilização de antígenos virais usados neste trabalho pode não ter resultado numa alteração significativa na produção de proteínas de fase aguda ou

no aumento dos processos oxidativos, resultantes de uma inflamação.

A ativação crônica do sistema imune aumenta a exigência de aminoácidos sulfurados (STAHLY, 1998). Segundo Rakhshandeh et al. (2014) a ativação do sistema imune aumenta a exigência de aminoácidos sulfurados por aumentar a exigência de manutenção, mas não altera significativamente a eficiência de utilização da met + cis para deposição de proteína. Essas diferenças entre trabalho, de acordo com Oblad (2004), podem ser explicadas principalmente pelo aumento da necessidade de cisteína durante as enfermidades. Em geral, a oxidação da maioria dos aminoácidos aumenta durante os estados inflamatórios, porém o catabolismo de cisteína reduz nestes períodos, sendo poupada para síntese de componentes importantes para a proteção contra o estresse oxidativo e sendo utilizada para

a síntese de proteína de fase aguda e principalmente para síntese de glutathiona (CHEN et al., 2014).

Entretanto, a CA melhorou ($P < 0,05$) de forma linear com o aumento dos níveis de met + cis total nas dietas (Figura 1). No entanto, o modelo descontínuo linear response plateau foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,90% o nível de met + cis total na ração, a partir do qual a CA permaneceu em um platô, sendo o consumo diário de met + cis total estimado de 4,44g.

Vieira Vaz et al. (2005) também encontraram efeito linear do nível de met + cis sobre a CA, sendo o melhor nível indicado por eles o de 0,652% de met + cis digestível. Já Caldara et al. (2003) não observaram influencia na CA e Moura et al. (2006) efeito quadrático, sendo os níveis sugeridos por eles de 0,32% e 0,588% de met + cis digestível.

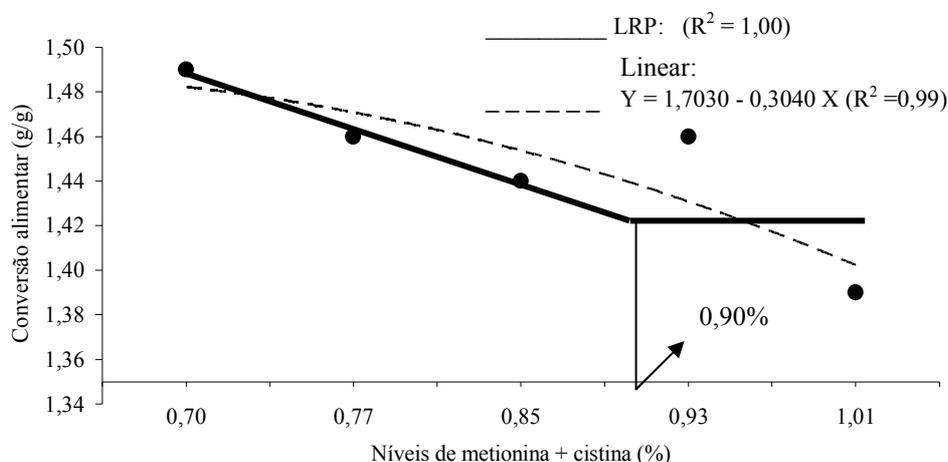


Figura 1. Efeito do nível de met + cis sobre a conversão alimentar

Os resultados de concentração plasmática de cortisol e proteína C reativa são apresentados na Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente. A concentração de cortisol não diferiu ($P > 0,05$) entre os animais vacinados e não vacinados,

permaneceu praticamente estável durante todos os períodos de coleta. Resultado diferente foi observado por Moya et al. (2005) que constataram 495,56 ng/ml para a concentração padrão de cortisol, em animais sob condições de estresse.

A concentração de proteína C reativa não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos e também entre os períodos de coleta. Os níveis encontrados de 272 μ g/mL e 280 μ g/mL para animais não vacinados e vacinados, respectivamente, podem ser

considerados elevados. Segundo Franek & Bilkei (2004), esses valores correspondem a concentrações encontradas para animais em rebanhos com alto desafio sanitário.

Tabela 3. Concentração plasmática de cortisol (ng/ml) em suínos injetados com solução salina e vacinados

Ativação do sistema imune	Tempo relativo à vacinação (em horas)					Média
	0:00	2:00	4:00	8:00	12:00	
Controle	108	116	114	110	108	111,2
Vacinados	115	98	104	108	106	106,2

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna difere pelo teste F ($P<0,05$).

Tabela 4. Concentração plasmática de proteína C reativa (μ g/ml) em suínos injetados com solução salina e vacinados

Ativação do sistema imune	Tempo relativo à vacinação (em horas)					Média
	0:00	24:00	48:00	72:00	96:00	
Controle	310	240	270	260	280	272
Vacinados	280	300	290	280	250	280

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna difere pelo teste F ($P<0,05$).

Os resultados da composição química e das deposições de proteína e gordura na carcaça de suínos de seis aos 16 kg, de acordo com o nível de metionina da dieta e grau de ativação do sistema imune constam na Tabela 5. De maneira semelhante, não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de Met + Cis e a ativação do sistema imune para as variáveis de características de carcaça.

Os níveis de Met + Cis total das dietas influenciaram ($P<0,05$) a deposição diária de proteína (DPD) na carcaça dos suínos que aumentou de maneira linear (Figura 2). Entretanto, o modelo descontínuo linear response plateau foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,85% o nível de maior DPD. Neste nível de Met + Cis o consumo diário estimado de met + cis foi de 4,18g/dia.

Kiefer et al. (2005) e Vieira Vaz et al. (2005) também observaram efeito

significativo dos níveis de Met + Cis digestíveis sobre a deposição de proteína diária (DPD) na carcaça. Por outro lado, Loughmiller et al. (1998) e Moura et al. (2006) não verificaram influência dos níveis de Met + Cis da dieta sobre a composição de carcaça dos suínos. O percentual de água na carcaça variou de forma quadrática ($P<0,05$) com os níveis de Met + Cis da dieta (Figura 3), estimando-se para máximo percentual de água na carcaça o nível de 0,90 % de Met + Cis total. Uma vez que existe alta correlação entre a deposição de proteína e água na carcaça, pode-se deduzir que a maior deposição de água na carcaça esta coerente com a maior taxa de deposição de carne magra e conseqüentemente maior taxa de deposição de proteína na carcaça.

Tabela 5. Composição e taxas de deposição de gordura e proteína na carcaça de leitões dos seis aos 16 kg, em função dos níveis de metionina + cistina da dieta e ativação do sistema imune

Variável	Sistema imune	Nível de Met + Cis (%)					Média	CV (%)
		0,70	0,77	0,85	0,93	1,01		
Composição de carcaça (%)								
Água ¹	Não ativado	60,45	65,86	66,61	65,62	63,43	64,39	4,12
	Ativado	63,72	63,92	64,63	65,92	66,19	64,88	-
	Média	62,09	64,89	65,62	65,77	64,81	-	-
Proteína	Não Ativado	15,07	14,87	15,15	15,12	15,10	15,06	4,44
	Ativado	14,36	14,60	14,70	15,19	15,10	14,79	-
	Média	14,72	14,74	14,93	15,16	15,10	-	-
Gordura	Não ativado	18,46	12,95	12,05	16,41	15,49	15,07	19,14
	Ativado	15,97	16,17	14,68	13,17	12,35	14,47	-
	Média	17,22	14,56	13,37	14,79	13,92	-	-
Taxa de deposição na carcaça (g/dia)								
Proteína ²	Não ativado	42,66	44,01	47,35	43,37	47,83	45,04	6,82
	Ativado	38,76	41,06	41,43	38,58	46,07	41,18	-
	Média	40,71	42,54	44,39	40,98	46,95	-	-
Gordura	Não ativado	69,10	42,99	40,19	59,27	59,74	54,26	30,13
	Ativado	56,40	58,54	50,06	38,31	40,68	48,80	-
	Média	62,75	50,77	45,13	48,79	50,21	-	-

¹Efeito quadrático (P<0,05). $\hat{Y} = - 5,74 + 158,61 X - 87,78 X^2$ ($R^2 = 0,98$).

²Efeito linear (P<0,05). $\hat{Y} = 11,11 + 33,53 X$ ($R^2 = 0,37$).

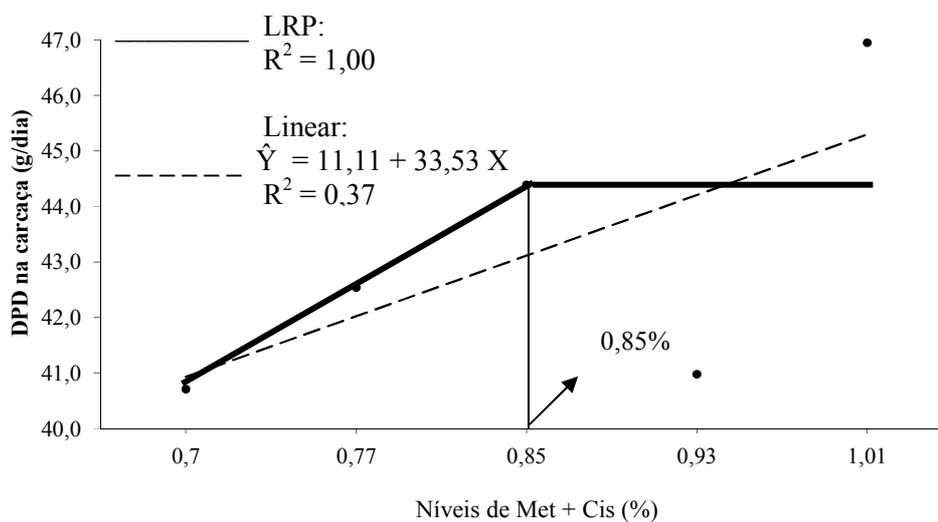


Figura 2. Efeito dos níveis de met + cis sobre a deposição de proteína diária

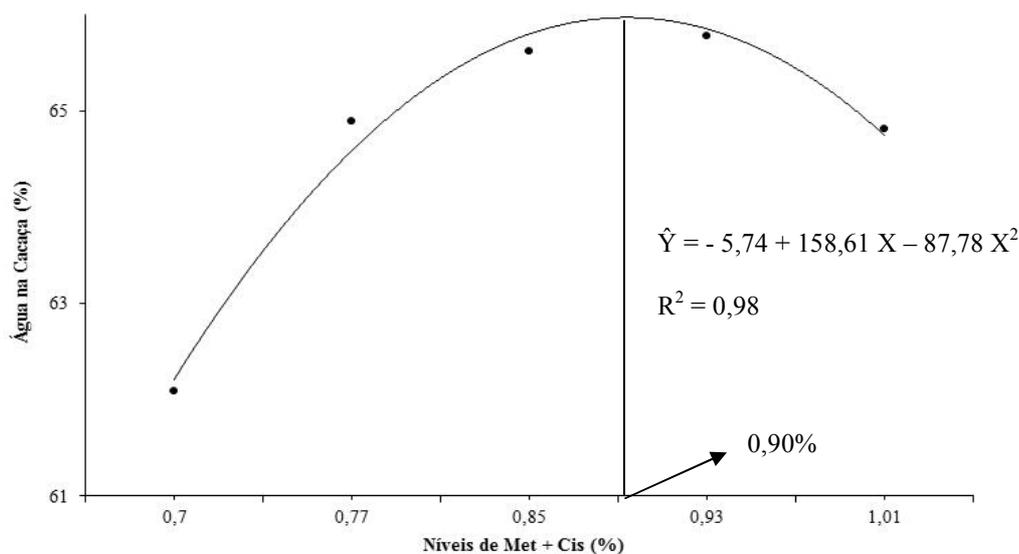


Figura 3. Efeito dos níveis de Met + Cis da dieta sobre o conteúdo de água na carcaça

Assim, pode-se concluir que os suínos, dos seis aos 16 kg, independente da ativação do sistema imune, exigem 0,90% de metionina + cistina total para melhor desempenho e percentual de carne magra na carcaça, o que corresponde a uma relação de 58% metionina + cistina:lisina e a um consumo de metionina + cistina de 4,44 g/dia. A vacinação dos animais piora o consumo de ração diário e conseqüentemente o ganho de peso diário dos animais, sem alterar significativamente a exigência de metionina + cistina dos animais.

REFERÊNCIAS

CALDARA, F.R.; BERTO, D.A.; BISINOTO, K.S.; NETO, M.A.T.; WECHSLER, F.S. Exigência em metionina de leitões de 6 a 11 kg com base no conceito da proteína ideal. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.25, n.1, p.129-135, 2003.

CAMPOS, J.A.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CARVALHO, C.S.; SILVA, J.N.; MAUIRI, A.L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. *Revista Ceres*, v.55, n.3, p.187-193, 2008.

CHEN, Y.; LI, D.; DAI, Z.; PIAO, X.; WU, Z.; WANG, B.; ZHU, Y.; ZENG, Z. L-Methionine supplementation maintains the integrity and barrier function of the small-intestinal mucosa in post-weaning piglets. *Amino Acids*, v. 46, p.1131-1142, 2014.

FRANEK, S.P.; BILKEI, G. Influence of non-confinement rearing under high infectious pressure from *Mycoplasma hyopneumoniae*: Pig performance, acute phase proteins and cortisol assessment. *Acta Veterinaria Brno*, v.73, p.335-340, 2004.

JIANWEN, L.; DAIWEN, C.; KEYING, Z.; LONG, D. The effect of immune stress on ideal amino acid pattern for piglets. **Acta Veterinaria Zootecnia Sinica**, v.37, n.1, p.34–37, 2006.

KIEFER, C.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; SILVA, F.C.O. BRUSTOLINI, P.C; Exigência de metionina + cistina digestível para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.847-854, 2005a.

KIEFER, C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; SILVA, F.C.O. Exigência de metionina mais cistina digestível para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.104-111, 2005b.

Le FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; OBLED, C. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. **Livestock Production Science**, v.87, p.37-45, 2004.

LI, H.; WAN, H.; MERCIER, Y.; ZHANG, X.; WU, C.; WU, X.; TANG, L.; CHE, L.; LIN, Y.; XU, S.; TIAN, WU, D.; FHANG, Z. 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**, v.112, p.855–867, 2014.

LOUGHMILLER, J.A.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; KIM, I. H.; TOKACH, M.D.; TITGEMEYER E.C. Influence of dietary total sulfur amino acids and methionine on growth performance and carcass characteristics in finishing gilts. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2129-2137, 1998.

MALMEZAT, T.; BREUILLÉ, D.; POUYET, C; BUFFIÈRE, C.; DENIS, P.; MIRAND, P.P.; OBLED, C. Methionine transsulfuration in increased during sepsis in rats. **American Journal Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v.279, p.1391-1397, 2000.

MAURÍCIO, T. V.; SOUZA, M. F.; FERREIRA, A. S. Relações entre treonina e lisina digestível em dietas para leitões desmamados aos 28 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [online], v.15, n.3, p.679-688, 2014.

MOURA, J. O.; BRUSTOLINI, P. C.; SILVA, F.C.O.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S.; PAULA, E. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados e fêmeas de 15 a 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1085-1090, 2006.

MOYA, L.; BOYLE, L.; LYNCH, B.; ARKINS, S. Effects of two teeth resection methods on plasma C-reactive protein and cortisol pigs. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON ANIMAL ACUTE PHASE PROTEINS, 5., 2005, Dublin, Ireland. **Proceedings...** Dublin, Ireland, 2005.

RAKHSHANDEH, A.; HTOO, J. K.; KARROW, N.; MILLER, S. P.; DE LANGE, C. F. M. Impact of immune system stimulation on the ileal nutrient digestibility and utilisation of methionine plus cysteine intake for whole-body protein deposition in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v.111, p.101–110, 2014.

OBLED, C. Necesidades de aminoácidos en estados inflamatorios. **Avances em Tecnologia Porcina**, v.1, p.4-20, 2004.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SANTOS, F.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; SILVA, F.C.O.; ABREU, M.L.T.; SARAIVA, A.; BRUSTOLINI, P.C. Exigências de metionina mais cistina digestíveis para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra, dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36,n.6, p.2047-2053, 2007 (Supl).

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

STAHLY, T.S.; COOK, D.R.; EWAN, R.C. Dietary available phosphorus needs of pigs with a moderate or high level of antigen exposure. **Journal of Animal Science**, v.74, p.161-170, 1996.

STAHLY, T.S. Impact of immune system activation on growth and optimal dietary regimens of pigs. **The Pig Journal**, v.41, p.65-74,1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV SAEG - **Sistema para análise estatística e genética**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 59p.

TREVISI, P.; MELCHIOR, D.; MAZZONI, M.; CASINI, L.; DE FILIPPI, S.; MINIERI, L.; LALATTACOSTERBOSA, G.; BOSI, P. A tryptophan-enriched diet improves feed intake and growth performance of

susceptible weanling pigs orally challenged with *Escherichia coli* K88. **Journal of Animal Science**, v.87, p.148-156, 2009.

VAN HEUTGEN, E.; SPEARS, J.W.; COFFEY, M.T. The effect of dietary protein on performance and immune response in weanling pigs subjected to an inflammatory challenge. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2661-2669, 1994.

VIEIRA VAZ, R.G.M.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A.S.; SILVA, F.C.O.; KIEFER, C.; SIQUEIRA, J.C.; RESENDE, W.O. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambientes de alta temperatura dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1633-1639, 2005.

WILLIAMS, N.H.; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency and composition of growth and lysine need of pigs fed from 6 to 27 Kg. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2463-2471, 1997.

WU, S.; ZHANG, F.; HUANG, Z.; LIU, H.; XIE, C.; ZHANG, J.; THACKER, P. A.; QIAO, S. Effects of the antimicrobial peptide cecropin AD on performance and intestinal health in weaned piglets challenged with *Escherichia coli*. **Peptides**, v.35, p.225-230, 2012.

Data de recebimento: 14/08/2014

Data de aprovação: 09/11/2015