

Redução da proteína bruta em rações sobre os balanços metabólicos de suínos mantidos em diferentes condições térmicas

Reducing crude protein in diets on the metabolic balances for pigs kept in different thermal conditions

Debora Cristiane Freitag¹; Élcio Silvério Klosowski²; Paulo Cesar Pozza³; Aparecida da Costa Oliveira⁴; Cláudio Yuji Tsutsumi⁵; Ricardo Vianna Nunes⁶; Cleiton Pagliari Sangali⁷

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a redução da proteína bruta em rações sobre o balanço de nitrogênio, pH urinário e parâmetros sanguíneos de suínos na fase inicial. O peso médio inicial dos animais foi de $18,5 \pm 0,73$ kg. Foram realizados dois experimentos de digestibilidade, sendo um em condições de ambiente de estresse ($28,77^\circ\text{C}$) e outro conforto térmico ($18,13^\circ\text{C}$). Em ambos os experimentos os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro níveis de proteína bruta (20,5; 19,4; 18,3 e 17,2%) e quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais em cada experimento, sendo cada uma representada por um animal, totalizando 32 animais. A metodologia utilizada foi a coleta total de fezes, e a urina coletada e filtrada diariamente. Para avaliar os parâmetros sanguíneos, as amostras foram obtidas mediante punção na veia jugular. Os parâmetros avaliados foram nitrogênio ingerido, excretado nas fezes e na urina, absorvido, retido, retido/absorvido, excreção total, utilização líquida de proteína, pH da urina, colesterol, triglicerídeos, glicose, uréia e creatinina no plasma sanguíneo. Conclui-se que a redução do nível de proteína da dieta, de 20,5 a 17,2%; é uma alternativa eficiente para reduzir a quantidade de nitrogênio excretado pelos suínos em condição de estresse térmico. Para condição de conforto térmico os suínos apresentaram maiores concentrações de creatinina e colesterol plasmático.

Palavras-chave: Aminoácidos. Ambiente térmico. Metabolismo de nitrogênio.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the reduction of crude protein diets on nitrogen balance, urinary pH and blood parameters of starter pigs. The average initial weight of the animals was 18.5 ± 0.73 kg. Two digestibility experiments were conducted, one in environmental conditions of stress (28.77°C) and another in thermal comfort condition (18.13°C). In both experiments, the animals were distributed in randomized blocks with four decreasing levels of crude protein (20.5, 19.4, 18.3 and 17.2%) and four replications, totaling 16 experimental units in each experiment, each represented by an animal, totaling 32 animals. The methodology used was the total collection of feces and urine was collected and filtered daily. To assess blood parameters, samples were obtained by jugular vein puncture. The parameters evaluated were ingested nitrogen, excreted

¹ Mestre em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: deborafreitag@gmail.com

² Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. elciosk1@yahoo.com.br

³ Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor associado da Universidade Estadual de Maringá. E-mail: pcpozza@uem.br

⁴ Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: aparecidacostaoliveira@gmail.com

⁵ Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo. Professor adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: claudio.tsutsumi@unioeste.br

⁶ Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná nunesrv@hotmail.com.br

⁷ Doutorando em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá. E-mail: sangalicp@hotmail.com

in feces and urine, absorbed, retained, retained/absorbed, total excretion, net protein utilization, urine pH, cholesterol, triglycerides, glucose, urea and creatinine in blood plasma. It is concluded that reducing the level of protein in the diet, 20.5 to 17.2%; is an efficient alternative to reduce the amount of nitrogen excreted by pigs in heat stress condition. In thermal comfort condition pigs showed higher concentration of creatinine and serum cholesterol.

Key words: Amino acids. Thermal environment. Nitrogen metabolism.

Introdução

O sistema de criação intensiva de suínos origina grandes quantidades de resíduos. Portanto, há uma grande preocupação com a melhoria da produtividade e redução da emissão de poluentes ao meio ambiente. A concentração de nitrogênio nas fezes é relativamente alta e o excesso é convertido em substâncias como nitrato e amônia, que são prejudiciais ao meio ambiente, ao desempenho dos animais e para a saúde de animais e seres humanos.

Os avanços na determinação das exigências de aminoácidos para suínos, associada a um aumento da disponibilidade de aminoácidos sintéticos, permite a redução dos níveis de proteína bruta da dieta, com o objetivo de fornecer aos suínos uma relação equilibrada de aminoácidos que atendam as suas necessidades, proporcionando maior eficiência de deposição de proteína e menor excreção de nitrogênio (TOLEDO et al., 2014).

Além disso, a utilização de aminoácidos sintéticos nas dietas constitui uma alternativa nutricional utilizada para melhorar a produtividade dos suínos alojados em ambientes de altas temperaturas (RODRIGUES et al., 2012), pois os suínos são mais sensíveis às temperaturas elevadas e esta sensibilidade é devida a uma combinação de fatores, entre os quais um sistema de termorregulação de baixa eficácia, glândulas sudoríparas queratinizadas, a presença de uma camada de gordura subcutânea e um metabolismo intenso (WOLP et al., 2012).

Portanto, uma alternativa é a utilização de rações com baixos níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos sintéticos, principalmente quando as temperaturas ambientais ultrapassam os níveis de conforto térmico. Várias pesquisas foram realizadas com o intuito de avaliar a redução da proteína bruta em rações

para suínos sobre o balanço de nitrogênio, no entanto, a avaliação sob diferentes condições ambientais deve ser considerada, uma vez que o incremento calórico das dietas é alterado em função da redução da proteína bruta e a respectiva suplementação de aminoácidos sintéticos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a redução da proteína bruta em rações para suínos, com a respectiva suplementação de aminoácidos sintéticos, sobre o balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e urinários, em condições de estresse e conforto térmico.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos de digestibilidade na Fazenda Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon, sendo um realizado em condição de estresse térmico e outro realizado em condição de conforto térmico.

Para o experimento realizado em condições de estresse térmico (28,8 °C) foram utilizadas placas térmicas elétricas para o aquecimento do ambiente, acionadas quando a temperatura ambiente encontrava-se abaixo de 30,0 °C. Para o experimento realizado em condição de conforto térmico (18,13 °C) foi utilizado um ar condicionado do tipo Split (12000 BTUs), automaticamente acionado quando a temperatura do ambiente ultrapassasse os 21,0 °C. As condições ambientais da sala foram monitoradas às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min, com auxílio de um Datalogger Homis®, modelo 494.

Em cada experimento foram utilizados 16 suínos, machos e castrados, individualmente alojados em gaiolas de metabolismo semelhante às descritas por Pekas (1968), totalizando 32 animais com peso médio

inicial de $18,5 \pm 0,7$ kg. O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi o de blocos ao acaso, constituído por quatro tratamentos e quatro repetições.

Os tratamentos consistiram em quatro níveis decrescentes de proteína bruta (20,5; 19,4; 18,3 e 17,2%). Os mesmos tratamentos foram utilizados nos dois experimentos, diferindo apenas na condição ambiental em que os animais foram submetidos (estresse térmico e conforto térmico).

Tabela 1 - Composição centesimal das rações experimentais, na matéria natural.

Ingredientes (%)	Proteína bruta (%)			
	20,5	19,4	18,3	17,2
Milho	63,50	66,50	69,45	72,70
Farelo de soja	31,50	28,30	24,95	21,47
Casca de soja	0,00	0,20	0,42	0,62
Óleo de soja	1,18	1,06	0,99	0,75
Fosfato bicálcico	1,60	1,60	1,60	1,60
Calcário	0,62	0,62	0,63	0,63
Bicarbonato de sódio	0,00	0,11	0,23	0,35
Antioxidante1	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,46	0,38	0,30	0,24
Mistura mineral2	0,05	0,05	0,05	0,05
Mistura vitamínica3	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl	0,23	0,31	0,39	0,47
DL-Metionina	0,07	0,10	0,13	0,16
L-Treonina	0,07	0,11	0,16	0,20
L-Valina	0,00	0,01	0,07	0,12
L-Isoleucina	0,00	0,00	0,00	0,04
L-Triptofano	0,00	0,00	0,02	0,03
Cloreto de colina	0,04	0,05	0,09	0,09
Fosfato de tilosina	0,18	0,18	0,18	0,18
Inerte4	0,38	0,30	0,22	0,18
Composição				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)5	20,500	19,400	18,300	17,200
Proteína digestível (%)	18,000	17,000	16,000	15,000
Cálcio (%)	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível (%)	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,2085
Potássio (%)	0,755	0,704	0,651	0,596
Cloro (%)	0,319	0,275	0,226	0,190
Lisina digestível (%)	1,145	1,145	1,145	1,145
Treonina digestível (%)	0,721	0,721	0,721	0,721
Met+Cis digestível (%)	0,641	0,641	0,641	0,641
Metionina digestível (%)	0,355	0,368	0,382	0,397
Triptofano digestível (%)	0,211	0,196	0,195	0,195
Arginina digestível (%)	1,234	1,143	1,049	0,950
Valina digestível (%)	0,828	0,790	0,790	0,790
Leucina digestível (%)	1,603	1,529	1,451	1,371
Isoleucina digestível (%)	0,752	0,699	0,644	0,630
Histidina digestível (%)	0,483	0,456	0,428	0,398
Fenilalanina digestível (%)	0,888	0,833	0,775	0,716
Fenilalanina + tirosina dig. (%)	1,478	1,388	1,294	1,196
BED6 (Meq/kg)	189,97	189,56	189,73	189,57

1 BHT. 2 Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. 3 Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D3, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B1- 2,0 g; vit B2 – 5,0 g; vit. B6 – 3,0 g; vit B12 – 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K3, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. 4 Areia fina lavada. 5 Valores determinados no Laboratório de Nutrição Animal da UNIOESTE, 6 Balanço eletrolítico da dieta.

Fonte: Autor.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atender as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005), com exceção da proteína bruta (PB), que foi reduzida de acordo com os tratamentos (20,5; 19,4; 18,3 e 17,2%) e realizada a devida suplementação com aminoácidos sintéticos. Para tanto, foram realizadas as análises de PB, do milho e farelo de soja, no Laboratório de Nutrição Animal da UNIOESTE.

O balanço eletrolítico das rações experimentais foi mantido através do uso de diferentes proporções de bicarbonato de sódio, sal comum e inerte. Os balanços eletrolíticos das rações experimentais foram calculados considerando o peso molecular de cada elemento químico, conforme apresentado por Patience (1990).

O período experimental foi de 12 dias, sendo os sete primeiros para adaptação às gaiolas e às rações experimentais e os cinco dias finais para coleta de fezes e urina. A quantidade de ração fornecida diariamente aos animais foi calculada com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$). Para evitar perdas, e facilitar a ingestão, as rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia (7h00min e 19h00min). A água foi fornecida à vontade após os animais terem consumido as rações experimentais.

A metodologia utilizada foi a de coleta total de fezes, mediante o uso do óxido de ferro como marcador fecal (2,0% Fe_2O_3), a fim de determinar o início e o final do período de coleta. As quantidades coletadas foram pesadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer ($-18,0^\circ\text{C}$). Após o período de coleta as fezes foram descongeladas e homogeneizadas e, em seguida, as amostras foram secadas em estufa de ventilação forçada ($55,0^\circ\text{C}$), durante 72 horas.

A urina foi filtrada, medida e coletada diariamente (7h30min) em recipientes contendo 20mL de HCl 1:1 para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização.

Após este procedimento, uma alíquota de 5,0% do volume total foi acondicionada em recipiente de vidro e armazenada em refrigerador (3,0°C) até a realização das análises laboratoriais.

Ao término da coleta de urina, destinadas às análises laboratoriais, foi realizada uma coleta de urina para determinação do pH. Anteriormente foi realizada a limpeza das gaiolas de metabolismo, coletores de urina e recipientes de coleta, com o uso de água deionizada, e o ácido clorídrico não foi adicionado aos recipientes de coleta, com o intuito de não interferir no pH da urina (WOCHNER et al., 2012). A urina excretada foi imediatamente coletada e submetida à leitura do pH.

Ao término do período experimental foram realizadas as coletas de sangue, após jejum alimentar de 12 horas, por meio de punção na veia jugular (OLIVEIRA et al., 2004), com auxílio de agulhas de 100mm de comprimento. Foram colhidos aproximadamente 10mL de sangue, que foram divididos em dois tubos do tipo Vacutainer, um contendo EDTA-K3 e outro contendo Fluoreto de sódio/oxalato. Os tubos foram centrifugados a 3000 rpm, por um período de 10 minutos, e posteriormente foi realizada a extração do plasma, com o auxílio de uma pipeta automática, que foi acondicionado em tubos do tipo eppendorf e armazenados sob refrigeração até a realização das análises bioquímicas.

As análises de glicose, colesterol, triglicerídeos, uréia e creatinina no plasma sanguíneo foram realizadas com o uso de kits bioquímicos específicos, seguindo os procedimentos recomendados pelo fabricante. As leituras das absorbâncias foram realizadas com o auxílio de um espectrofotômetro UV/Vis.

As análises de nitrogênio (N) das fezes, urina e rações experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002).

Foram determinados o N ingerido, N excretado nas fezes e urina, N absorvido, N retido, N retido/N absorvido e a excreção total de nitrogênio.

Os valores de proteína bruta consumida (PBC), excretada nas fezes (PBF) e na urina (PBU) foram obtidos por meio da multiplicação dos teores de proteína bruta pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir desses valores determinou-se a proteína bruta retida ($PBR = PBC - PBF - PBU$) e a utilização líquida de proteína ($ULP = PBR/PBC$).

Os parâmetros avaliados foram submetidos às análises de variância e de regressão polinomial, em função dos níveis de proteína bruta das rações experimentais. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JUNIOR, 2001).

Resultados e Discussão

Em condição de estresse térmico os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) foram de $28,77 \pm 1,66$ °C, $77,95 \pm 5,51\%$ e $78,44 \pm 2,33$, respectivamente, sendo que a temperatura do ar foi superior à crítica máxima (27°C) sugerida por Leal e Nããs (1992). O ITGU obtido aproximou-se de 81,2 obtido por Vaz et al. (2005), que consideraram como sendo uma situação de estresse por calor para suínos na mesma faixa de peso.

As condições de temperatura do ar registradas para a condição de conforto térmico encontram-se na faixa considerada ideal para suínos, uma vez que os valores de temperatura, umidade relativa do ar e de ITGU foram de $18,13 \pm 3,96$ °C, $72,09 \pm 8,86\%$ e $64,21 \pm 5,45$, respectivamente, pois Tolon et al. (2010) relataram que a temperatura

do ar, considerada de conforto térmico, varia de 16 a 24 °C. Da mesma forma, o ITGU está em conformidade com aquele de 70,4 obtido por Di Campos et al. (2008) para suínos mantidos em ambiente termoneutro.

Para a condição de estresse térmico, a redução dos níveis de proteína bruta na ração não influenciou ($P>0,05$) o N excretado nas fezes, N retido/N absorvido e a utilização líquida de proteína (ULP) e em condição de conforto térmico não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para todas as variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio (Tabela 2).

O N ingerido, em condições de conforto térmico, não variou em função dos níveis de proteína bruta da dieta. Shriver et al. (2003), trabalhando com suínos na fase de crescimento, também observaram que a redução dos níveis de PB na ração, de 18 para 14%, não influenciou as quantidades de N ingerido.

No entanto, em condições de estresse térmico observou-se uma redução linear ($Y = -0,00706 + 1,3954X$; $R^2=0,98$) do N ingerido (Tabela 2), o que está de acordo com os resultados encontrados por Orlando et al. (2007). De acordo com Lazzeri et al. (2011) a redução na ingestão de nitrogênio, neste caso, seria esperada, uma vez que o consumo diário de ração dos animais foi estabelecido com base no peso metabólico, associado à diferença do nível de proteína bruta dos tratamentos.

O N excretado nas fezes não foi influenciado ($P>0,05$) pelos níveis de proteína bruta da dieta, tanto em condição de conforto quanto de estresse térmico, mesmo havendo redução do N ingerido em condição de estresse térmico. Zangeronimo et al. (2007a), avaliando diferentes níveis de lisina digestível e PB na ração, também não encontraram diferenças ($P>0,05$) para o N excretado nas fezes.

O N excretado na urina, em condição de estresse térmico, reduziu linearmente ($Y = -2,9229 + 0,5369X$; $R^2=0,80$), mostrando uma resposta diretamente proporcional aos níveis

de proteína bruta da dieta, que pode ser devido aos excessos e/ou imbalanços de aminoácidos na ração aumentarem a excreção de nitrogênio na urina, o que pode ser verificado em rações com níveis mais elevados de proteína bruta. Além disso, a redução do N excretado na urina também pode estar relacionado à respectiva redução no N ingerido, uma vez que esta variável também apresentou uma resposta semelhante, associado ao fato do N excretado nas fezes não ter sido influenciado pela redução da proteína bruta da dieta com a respectiva suplementação de aminoácidos sintéticos.

Os resultados observados para N excretado na urina confirmam que o fornecimento de rações com menor teor de proteína reduz a quantidade de nitrogênio que é eliminado pelos suínos e confirma a hipótese de que esta estratégia nutricional é uma ferramenta de grande utilidade para evitar o excesso de nitrogênio nos dejetos líquidos (KERR et al., 2003). Por outro lado, em condição de conforto térmico, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o N excretado na urina, seguindo as respostas obtidas para o N ingerido e N excretado nas fezes, que influenciaram diretamente na excreção total de N, uma vez que esta é dependente do da excreção de N nas fezes e urina. Os coeficientes de variação observados para estas variáveis também podem ter colaborado para a obtenção destes resultados.

A excreção total de N, em condição de estresse térmico, também reduziu linearmente ($Y = -0,4191 + 0,8454X$; $R^2=0,99$) à medida que a proteína bruta da dieta foi reduzida, com a devida suplementação de aminoácidos sintéticos. Esta resposta está relacionada à redução do N excretado na urina, uma vez que o N excretado nas fezes foi semelhante entre os tratamentos avaliados, pois, de acordo com McLeod (1997) os aminoácidos absorvidos, e que estão em excesso em relação ao primeiro limitante, são oxidados e excretados como compostos nitrogenados. Entretanto, a degradação do excesso de aminoácidos tem alto

custo energético para os animais.

A redução na excreção total de N também foi relatada por Lordelo et al. (2008) que utilizaram rações com baixa proteína bruta suplementadas com isoleucina e valina, sendo que na primeira semana os leitões apresentaram redução de 26% e, após a quarta semana, a redução na excreção total foi de 29% em relação aos animais que receberam rações com níveis de PB altos.

Foi observada uma redução do N absorvido ($Y = -2,5109 + 1,0869X$; $R^2=0,99$) em função da redução dos níveis de proteína bruta, que está relacionado aos resultados de N ingerido e N excretado nas fezes. Oliveira et al. (2007) também constatou relação diretamente proporcional ($P<0,01$) entre a ingestão de nitrogênio e o N absorvido, em trabalho com dietas contendo baixos níveis de proteína bruta.

Tabela 2 - Balanço de nitrogênio em suínos machos castrados, na fase inicial, submetidos a dietas com redução de proteína bruta e suplementação com aminoácidos sintéticos mantidos em condição de estresse e conforto térmico.

Variáveis	Proteína bruta (%)				P value	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
	Estresse Térmico					
Nitrogênio ingerido (g dia ⁻¹) ¹	28,86	26,62	25,62	24,08	0,0004	4,80
Nitrogênio fezes (g dia ⁻¹)	9,20	7,96	8,09	8,02	*	13,12
Nitrogênio urina (g dia ⁻¹) ²	7,73	7,91	7,13	6,02	0,0095	11,18
Excreção total de nitrogênio (g dia ⁻¹) ³	16,93	15,86	15,22	14,05	0,0064	7,58
Nitrogênio absorvido (g dia ⁻¹) ⁴	19,66	18,66	17,53	16,05	0,0001	4,57
Nitrogênio retido (g dia ⁻¹) ⁵	11,93	10,75	10,40	10,03	0,0596	11,66
Nitrogênio retido/ Nitrogênio absorvido	59,60	56,56	57,56	62,48	*	9,08
Utilização líquida da proteína (%)	40,53	39,55	39,41	41,40	*	9,75
	Conforto térmico					
Nitrogênio ingerido (g dia ⁻¹)	40,51	38,33	36,75	34,88	*	4,08
Nitrogênio fezes (g dia ⁻¹)	12,13	13,50	13,62	14,10	*	17,83
Nitrogênio urina (g dia ⁻¹)	7,84	7,93	7,58	6,76	*	15,21
Excreção total de nitrogênio (g dia ⁻¹)	19,97	21,43	21,19	20,86	*	15,18
Nitrogênio absorvido (g dia ⁻¹)	28,38	24,84	23,13	20,78	*	9,65
Nitrogênio retido (g dia ⁻¹)	20,54	16,91	15,55	14,02	*	17,66
Nitrogênio retido/ Nitrogênio absorvido	71,96	67,80	67,04	67,57	*	9,14
Utilização líquida da proteína (%)	50,62	44,11	42,58	40,16	*	17,25

* $P > 0,10$; 1 - $Y = -0,00706 + 1,3954X$ ($R^2=0,98$); 2 - $Y = -2,9229 + 0,5369X$ ($R^2=0,80$); 3 - $Y = -0,4191 + 0,8454X$ ($R^2=0,99$); 4 - $Y = -2,5109 + 1,0869X$ ($R^2=0,99$); 5 - $Y = 0,4120 + 0,5500X$ ($R^2=0,90$)

Fonte: Autor.

A ULP não foi influenciada pelos níveis de proteína bruta PB da ração, fato que pode ser atribuído ao N retido e N excretado nas fezes também não terem sido influenciados. Os valores médios observados para ULP foi de 40,2% em

estresse térmico e 44,4% em condição de conforto térmico, sendo que Paiano et al. (2009) obtiveram um valor de 57,7%; mas segundo Oliveira et al. (2007) geralmente são observados valores entre 30 e 40%.

A relação N retido/N absorvido não apresentou variação em função dos níveis de PB da ração. Entretanto, Zangeronimo et al. (2007b) encontraram maior eficiência de utilização do nitrogênio em rações contendo maiores níveis de aminoácidos industriais (16% PB), o que se justifica, segundo Lordelo et al. (2008), como uma ineficiência metabólica do animal em reter o nitrogênio absorvido que está além das suas necessidades de consumo, excretando-o por meio da urina.

Em rações com redução da PB, onde o menor incremento calórico proporcionado por essas dietas pode ter levado a uma maior quantidade de energia líquida disponível para os animais, sugere-se que os níveis energéticos das dietas possam interferir no aproveitamento do N dietético (ZANGERONIMO et al., 2007b). Neste caso, outros estudos devem ser conduzidos para se determinar a relação ideal entre os principais aminoácidos essenciais e os níveis energéticos em dietas contendo níveis reduzidos de PB.

A concentração plasmática de triglicerídeos (Tabela 3), em condições de estresse térmico, foi diretamente proporcional aos níveis de proteína bruta da dieta ($Y = -59,7811 + 4,0204X$; $R^2=0,77$). Para a condição de conforto térmico, somente as concentrações de creatinina e colesterol plasmático foram influenciados ($P<0,01$) em função da redução da proteína bruta da ração. Em condição de estresse térmico, os animais apresentaram a concentração de uréia plasmática de 12,90 a 16,74 mg/dL e, possivelmente, o alto coeficiente de variação obtido para esta variável tenha colaborado para não se obter uma resposta significativa. Valores baixos de uréia plasmática estão relacionados à melhor utilização de nitrogênio para a deposição de tecido (COMA; ZIMMERMAN; CARRION, 1995). Segundo Fraga

et al. (2008), o N na uréia plasmática é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelo suíno.

Tabela 3 - Parâmetros sanguíneos e pH urinário de suínos machos castrados, na fase inicial, submetidos a dietas com redução de proteína bruta, e suplementação com aminoácidos sintéticos, mantidos em condição de estresse e conforto térmico.

Variáveis	Proteína bruta (%)				P value	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
	Estresse Térmico					
Creatinina (mg dL ⁻¹)	1,20	0,97	0,94	1,00	*	20,33
Glicose (mg dL ⁻¹)	84,44	93,69	97,70	88,78	*	14,21
Ureia (mg dL ⁻¹)	16,74	13,65	12,90	15,51	*	27,12
Triglicérides (mg dL ⁻¹)	20,54	16,22	10,52	12,22	0,0045	32,89
Colesterol (mg dL ⁻¹)	80,56	67,47	96,18	113,02	*	27,68
pH urinário	7,37	7,06	7,36	6,98	*	5,85
	Conforto térmico					
Creatinina (mg dL ⁻¹) ²	0,93	0,75	0,77	0,83	0,0066	14,23
Glicose (mg dL ⁻¹)	90,28	88,93	95,14	90,88	*	9,62
Ureia (mg dL ⁻¹) ³	28,79	18,75	17,18	19,47	*	15,09
Triglicérides (mg dL ⁻¹)	72,10	62,28	66,04	43,53	*	39,07
Colesterol (MG dL ⁻¹) ³	80,84	87,64	68,10	89,09	0,0309	28,50
pH urinário	7,43	7,18	6,87	7,09	*	5,27

* P > 0,10; 1- Y = -59,7811 + 4,0204X(R²=0,77);
 2- Y=0,3415+0,0254X(R²=0,85); 3- Y = -1,9014+4,2006X(R²=0,79)

Fonte: Autor.

Em trabalho realizado por Lohmann et al. (2012), a creatinina aumentou (P = 0,067) à medida que os níveis de valina digestível aumentaram. O teor de creatinina pode ser usado como indicador da qualidade da proteína dietética, pois o aumento do catabolismo muscular eleva as concentrações de creatinina sanguínea (VAZ et al., 2005). Os resultados do presente trabalho permitem supor que a diferença de absorção entre aminoácidos de origem cristalina e provenientes dos alimentos não altera a passagem destes nutrientes no trato gastrointestinal para o sangue (ZANGERONIMO, 2007b).

Em condição de estresse e conforto térmico os níveis de proteína bruta da ração não influenciaram as concentrações de glicose. Gómez et al. (2002) também não encontraram diferenças significativas para esta variável em trabalho com redução da proteína bruta.

O colesterol pode ser controlado pelo estado nutricional, pelos teores dietéticos de gordura e fatores hormonais (MENDONÇA JUNIOR, 1996), assim, um organismo possuidor de controle enzimático normal,

mediante altas ingestões de colesterol, promove a redução de sua síntese orgânica, mantendo os níveis de colesterol estáveis (NABER, 1990). Portanto, o aumento do colesterol no plasma está mais relacionado com as quantidades de energia e gordura saturada ingeridas do que da própria ingestão do colesterol em si (MENDONÇA JUNIOR, 1996). Desta forma, os níveis de proteína bruta não influenciaram os níveis plasmáticos de colesterol e triglicérides, em condição de estresse e conforto térmico, respectivamente.

Conclusão

A redução da proteína bruta da dieta de 20,5 a 17,2% é uma alternativa eficiente para diminuir a quantidade de nitrogênio excretado pelos suínos. Contudo, as rações com baixos teores de proteína propiciaram menor retenção de nitrogênio, mesmo suplementadas com aminoácidos sintéticos em condição de estresse térmico. Para condição de conforto térmico ocorreu redução na quantidade de creatinina e colesterol plasmático de suínos na fase inicial.

Referências

- COMA, J.; ZIMMERMAN, D. R.; CARRION, D. Relationship of rate lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 73, n. 12, p. 3649-3656, 1995.
- DI CAMPOS, M. S.; SODRÉ, L. R. Q. A.; MACHADO, A. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Efeito da redução da proteína bruta da ração para suínos mantidos em termoneutralidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 1, p. 7-11, 2008.
- FRAGA, A. L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; BASTOS, A. O.; OLIVEIRA, R. P.; MURAKAMI, A. E. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups, fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 51, n. 1, p. 49-56, 2008.

- GÓMEZ, R. S.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; CHEN, H. Y. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 80, n. 3, p. 644-653, 2002.
- KERR, B. J.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; FRIESEN, K. G.; EASTER, R. A. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, v. 12, p. 3075-3087, 2003.
- LAZZERI, D. B.; POZZA, P. C.; POZZA, M. S. S.; BRUNO, L. D. G.; PASQUETTI, T. J.; CASTILHA, L. D. Balanços metabólicos de suínos alimentados com rações referências e inclusões de farelo de soja. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 4, p. 984-995, 2011.
- LEAL, P. M.; NÃÃS, I. A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L. A. B.; MAGALHÃES, P. S. G. (Org.). *Introdução à engenharia agrícola*. Campinas: Unicamp. 1992. p. 121-135.
- LOHMANN, A. C.; POZZA, P. C.; POZZA, M. S. S.; NUNES, R. V.; CASTILHA, L. D.; POSSAMAI, M.; BRUNO, L. D. G.; LAZZERI, D. B. Níveis de valina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 61, n. 234, p. 268, 2012.
- LORDELO, M. M.; GASPAR, A. M.; LE BELLEGO, L.; FREIRE, J. P. Isoleucine and valine supplementation of low-protein corn-wheat-soybean meal based diet for piglets: growth performance and nitrogen balance. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, n. 11, p. 2936-2941, 2008.
- MCLEOD, M. G. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. *British Poultry Science*, Edinburgh, v. 38, n. 4, p. 405-411, 1997.
- MENDONÇA JUNIOR, C. X. Colesterol no ovo: possibilidades de sua redução. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, Campinas. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1996. p. 87-117.
- NABER, E. C. Cholesterol content of eggs: can and should the industry try to change it? *Feedstuffs*, Bloomington, v. 62, n. 5, p. 46-52, 1990.
- OLIVEIRA, G. C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; BASTOS, A. O.; FRAGA, A. L. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.6, p.1747-1757, 2004.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; ARAÚJO, J. S. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 257-260, 2007.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. F. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 4, p. 866-874, 2005.
- ORLANDO, U. A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. O.; GENEROSO, R. A. R.; SIQUEIRA, J. C. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1573-1578, 2007.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVESTRIN, N.; CARVALHO, P. L. O.; SILVA, M. A. A.; PERDIGÃO, L. S. Relações treonina:lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 61, n. 1, p. 211-218, 2009.
- PATIENCE, J. F. A review of the role acid-base balance in amino acid nutrition. *Journal of Animal Science*, Savoy, v. 68, n. 2, p. 398-408, 1990.
- PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1303-1306, 1968.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. *Análise estatística no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001.

- RODRIGUES, N. E. B.; FIALHO, E. T.; ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V. S.; RODRIGUES, P. B.; FILHO, M. R.; FILHO, M. R.; GOMIDES, E. M.; BETARELLI, R. P. Reduction in the protein level and addition of oil in diets for finishing pugs under different temperatures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 41, n. 8, p. 1878-1883, 2012.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C. *Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.
- SHRIVER, J. A.; CARTER, S. D.; SUTTON, A. L.; RICHERT, B. T.; SENNE, B. W.; PETTEY, L. A. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 81, n. 2, p. 492-502, 2003.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 235, 2002.
- TOLEDO, J. B.; FURLAN, A. C.; POZZA, P. C.; CARRARO, J.; MORESCO, G.; FERREIRA, S. L.; GALLEGO, A. G. Reduction of the crude protein content of diets supplemented with essential amino acids for piglets weighing 15 to 30 kilograms. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 43, n. 6, p. 301-309, 2014.
- TOLON, Y. B.; BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. A.; ROJAS, M.; MOURA, D. J. Ambiente térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2010.
- VAZ, R. G. M. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; BRUSTOLINI, P. C.; KIEFER, C.; ORLANDO, U. A. D. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 57, n. 3, p. 345-352, 2005.
- ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; MURGAS, L. D. S.; FREITAS, R. T. F.; RODRIGUES, P. B. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1382-1387, 2007a.
- ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; MURGAS, L. D. S.; LIMA, J. A. F.; ROCHA, E. V. H.; ALVARENGA, R. R. Efeito de níveis de lisina digestível verdadeira e proteína bruta na dieta sobre parâmetros morfo-fisiológicos e utilização do nitrogênio em suínos na fase inicial. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 2, p. 506-513, 2007b.
- WOCHNER, M. O.; POZZA, P. C.; NUNES, R. V.; POZZA, M. S. S.; LOHMAN, A. C.; BRUNO, L. D. G.; RODRIGUES, M.; PASQUETTI, T. J. Parâmetros bioquímicos sanguíneos, balanço de nitrogênio e metabolizabilidade da energia bruta em suínos alimentados com dietas contendo diferentes balanços eletrolíticos. *Semina Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1599-1608, 2012.
- WOLP, R. C.; RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; PHILOMENO, R.; ALVARENGA, R. R.; ROCHA, L. F. Soybean oil and crude protein levels for growing pigs kept under heat stress conditions. *Livestock Science*, Kidlington, v. 147, p. 148-153, 2012.

Recebido em: 31 mar. 2014
Aceito em: 30 dez. 2014.

