

Farelos de algodão com diferentes níveis de proteína na alimentação de suínos na fase inicial: digestibilidade e desempenho

Diovani Paiano^{1*}, Ivan Moreira², Marcos Augusto Alves da Silva³, Iolanda Maria Sartori⁴, Rafael Mansano Martins⁴ e Fagner Vieira⁴

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Aquidauana/Cera, km12, 79200-000, Zona Rural, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ³Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. ⁴Curso de Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. *Autor para correspondência: e-mail: diovani@gmail.com

RESUMO. Foram conduzidos três experimentos, com o objetivo de estudar a utilização de farelos de algodão (FA) com diferentes níveis de proteína bruta (36% de PB -FA36 e 42% de PB -FA42) na alimentação de leitões. O Exp. I foi um ensaio de digestibilidade, utilizando suínos machos castrados. O FA36 e o FA42 apresentaram 2.256 e 2.414 kcal de ED kg⁻¹, 2.042 e 2.196 kcal de EM kg⁻¹ e 77,54 e 79,75% para os coeficientes de digestibilidade da PB, respectivamente. Nos Exp. II e III foram avaliados o desempenho de leitões (15 -30 kg) alimentados com FA36 e FA42, respectivamente. Foram formuladas, para cada experimento, cinco rações com níveis crescentes de inclusão de FA (0, 4, 8, 12 e 16%) utilizando 40 leitões, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos, quatro blocos e dois animais por unidade experimental. Com o aumento da inclusão de FA36 o consumo diário de ração (CDR) não foi influenciado, o ganho diário de peso (GDP) apresentou efeito quadrático com ponto de máximo e a conversão alimentar (CA) aumentou linearmente. A análise econômica indicou viabilidade da inclusão de até 8%. Com a adição de níveis crescentes de FA42 houve efeito quadrático com ponto de mínimo sobre o CDR e GDP, e aumento para a CA. Os resultados indicaram que a inclusão de FA piorou a CA. Entretanto, a viabilidade econômica é dependente do custo relativo dos ingredientes.

Palavras-chave: alimento alternativo, avaliação nutricional, leitões, nutrição, proteína.

ABSTRACT. Utilization of two cottonseed meal in starting pig feeding: digestibility and performance. Three experiments were carried out with the objective to study the use of cottonseed meals (CM) with different crude protein levels, (36% CP-CM36 and a 42% CP-CM42) on starting pig diets. The Exp. I was a digestibility trial using 12 barrows. The CM36 and CM42 showed 2,256 and 2,414 kcal DE kg⁻¹, 2,042 and 2,196 kcal ME kg⁻¹, and 77.54 and 79.75% to digestibility coefficients of CP, respectively. In the Exp. II and III were studied the starting pigs performance (15 -30 kg) fed with CM36 and CM42, respectively. In both experiments, five diets with increasing levels of CM (0, 4, 8, 12 and 16%) were studied, using 40 piglets allotted in a randomized design block, with four replicates and two piglets per experimental unit. With the inclusion of CM36 the daily feed intake (DFI) did not influence, the daily weight gain (DWG) presented a quadratic effect with maximum point, and feed:gain ratio (FGR) increased. The economic analysis indicated feasibility inclusion up to 8%. With the addition of CM42 there was quadratic effect on DFI and DWG, with minimum points, and increased to the FGR. The results suggest that the inclusion of CM impaired the FGR. However, its economical feasibility depends on the relative cost of feedstuffs.

Key words: alternative feedstuffs, nutritional evaluation, pigs, nutrition, protein.

Introdução

O farelo de algodão (FA) é um subproduto da indústria algodoeira, resultante do processamento da semente do algodão para a retirada de óleo. Em média, o processamento do caroço resulta em 50% do peso em

farelo (Tanksley Jr., 1992). É um alimento considerado de boa qualidade, principalmente para animais ruminantes, pois possui bons níveis de fibra e boa palatabilidade (NCPA, 2003). Entretanto, seu emprego na alimentação de monogástricos como único suplemento protéico das dietas é limitado.

O FA possui elevados teores de fibras (Tanksley Jr., 1992), conseqüentemente, baixos valores de energia digestível para monogástricos, visto que o teor de fibra dos alimentos para suínos é inversamente proporcional ao valor energético deles (Chiba, 2000). O FA também possui a relação Ca:P muito elevada, chegando a 6:1 (NRC, 1998 e Ferreira *et al.*, 1997), além de elementos antinutricionais como as diversas formas de gossipol. Outro fator que dificulta a utilização do FA são as formas de processamento (prensas hidráulicas ou solvente) para a retirada do óleo, que resultam em farelos com diferentes características químicas e nutricionais, dificultando a elaboração de dietas de forma precisa.

Valores de proteína bruta de 30 a 39% são citados por Rostagno *et al.* (2000), enquanto MA (2000) indica até 50% de PB nos farelos de algodão. Grandes variações também são encontradas nos valores dos demais nutrientes e da energia dos farelos. Esses fatores, somados ao pouco volume de informações na literatura nacional sobre a sua utilização na alimentação de suínos na fase inicial, dificultam a sua utilização nas dietas de animais nessa fase. Desse modo, este trabalho objetivou avaliar dois FA de diferentes composições químicas, sobre a digestibilidade de nutrientes e o desempenho de suínos na fase inicial (15-30 kg).

Material e métodos

Foram conduzidos três experimentos para a avaliação de dois farelos de algodão. Os farelos possuíam 36% (FA36) ou 42% (FA42) de proteína bruta.

Experimento I - Ensaio de digestibilidade

No Experimento I, foram utilizados 12 suínos híbridos comerciais, machos castrados, com peso de $31,3 \pm 3,4$ kg. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, tipo "Pekas". Utilizou-se um período de sete dias de adaptação ao ambiente, rações e manejo alimentar, seguido por dois períodos de cinco dias de coleta total de fezes e de urina, com um dia de intervalo entre os períodos. No total, foram utilizadas quatro repetições por FA estudado.

Foi formulada uma ração referência (RR), para atender às exigências do NRC (1998), e baseada nas composições químicas indicadas por Rostagno *et al.* (2000). Os valores analisados da RR foram: 89,0% de matéria seca (MS), 3,8 kcal de energia bruta (EB) kg^{-1} e 17,1% de proteína bruta (PB). As rações testes foram compostas de 70% de RR e 30% do FA36 ou 30% do FA42, com base na matéria natural.

O fornecimento de ração foi definido tendo

como base o peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno. A água foi oferecida aos animais após o consumo da ração, nos próprios comedouros na proporção de 2,5 mL de água g^{-1} de ração.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, utilizando o óxido de ferro (2% de Fe_3O_2) como marcador fecal. A ração contendo Fe_3O_2 foi fornecida nas duas refeições antes da primeira refeição do período de coleta, nas duas refeições do dia de intervalo e nas duas refeições logo após o período de coleta. Dessa forma, as fezes marcadas foram desprezadas para evitar possíveis interações entre o ferro e o gossipol livre dos farelos. As fezes foram coletadas uma vez ao dia, acumuladas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C). A urina dos suínos foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de HCl 1:1, para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização.

A determinação da composição química das fezes, alimentos e rações foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal segundo as metodologias descritas por Mara (1992) e Silva e Queiroz (2002).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) dos farelos de algodão foram calculados, considerando o método de coleta total de fezes e de urina, conforme Moreira *et al.* (1994). Aplicou-se a fórmula de Matterson *et al.* (1965), para a obtenção dos coeficientes de digestibilidade dos farelos de algodão.

Os coeficientes de digestibilidade foram submetidos à análise de variância, considerando um delineamento em parcelas subdivididas, conforme o seguinte modelo: $Y_{ijkl} = \mu + T_i + e_{ijk} + P_k + TP_{ik} + d_{ijl}$ em que: Y_{ijkl} = coeficientes de digestibilidade no período k , da repetição j e do tratamento i ; μ = constante associada a todas as observações; T_i = efeito do farelo i (i = FA36 ou FA42); e_{ijk} = erro aleatório associado ao animal j ou efeito do animal j dentro do tratamento i (A/T_{ij}); P_k = efeito do período (k = 1 ou 2); TP_{ik} = efeito da interação do tratamento i com o período k ; d_{ijl} = erro aleatório associado à subparcela ou período. As médias dos coeficientes de digestibilidade foram comparadas pelo teste de F ($P < 0,05$).

Experimento II – experimento de desempenho utilizando o FA36

Foram utilizados suínos na fase inicial (15 aos 30 kg) para avaliar os níveis crescentes de inclusão do FA36 nas rações. Foram utilizados 40 leitões mestiços (20 machos castrados e 20 fêmeas), com

peso inicial de $15,7 \pm 2,6$ kg. Os leitões foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos, e quatro blocos, sendo a unidade experimental (UE) formada por dois animais (um macho castrado e uma fêmea).

Os tratamentos experimentais consistiram de cinco rações contendo níveis crescentes de inclusão de FA36 (0, 4, 8, 12 e 16%), conforme Tabela 1. As rações foram calculadas de modo a serem isoenergéticas, isoprotéicas, isolisínicas, isocalcíticas, isofosfóricas, contendo 3.360 kcal de ED kg^{-1} , 17% de PB, 1,01% de lisina total, 0,57% de metionina mais cistina total, 0,65% de cálcio e 0,56% de fósforo total. Foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (1998), para a respectiva fase. Utilizaram-se os valores de composições química e energética de alimentos descritos por Rostagno *et al.* (2000) e os valores de PB e ED do FA36 obtidos no Exp. I.

Ao final do período experimental, os animais foram pesados e o consumo de ração foi computado para o cálculo do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA). Foram colhidas amostras de sangue ao início e ao final do experimento, via veia cava cranial, para a determinação do nitrogênio da uréia plasmática - NUP (Marsh *et al.*, 1965), sendo os valores obtidos no início do experimento utilizados como covariável na análise estatística dessa variável.

A análise econômica do experimento foi calculada pela seguinte expressão adaptada de Guidoni *et al.* (1997):

$$PMFA \leq [PRL(\text{Ganho}_i - \text{Ganho}_0) - \sum_{j \neq L=1}^N P_j (C_{ji} \cdot CR_i - C_{j0} \cdot CR_0)] / (C_{Li} \cdot CR_i)$$

onde: PMFA = preço máximo do FA para que a dieta em que será usado tenha a mesma eficiência econômica que a dieta sem FA (nível zero de inclusão); PRL = preço do kg de leitão; Ganho_i = ganho de peso médio dos leitões do tratamento contendo o nível i de FA; Ganho_0 = ganho de peso médio dos leitões do tratamento sem FA (nível zero de inclusão); P_j = preço dos ingredientes restantes em cada dieta; C_{ji} = porcentagem do ingrediente j na dieta i ; CR_i = consumo de ração médio total por animal inerente a dieta i ; C_{j0} = porcentagem do ingrediente j na dieta sem FA; CR_0 = consumo de ração médio total por animal referente à dieta sem FA; C_{Li} = porcentagem de FA na dieta i .

Os preços dos ingredientes foram os vigentes na época do experimento e o preço do farelo de algodão (R\$FA) foi estimado com base no preço do farelo de

soja (FS), de acordo com o sugerido pelo fabricante, pela seguinte expressão: $R\$FA = ((PB \text{ do FA} / PB \text{ do FS}) \times 0,7) \times \text{preço do FS}$. O valor de 0,7 representa a valorização (70%) da proteína do FA em relação à proteína do FS. O resultado dessa equação, considerando o FS com 45% de PB, forneceu para o FA36 um preço final de 56% do preço do FS e, para o FA42, um preço final de 65% do preço do kg do FS.

Tabela 1. Composição centesimal e química das rações do experimento II, contendo diferentes níveis de farelo de algodão, com 36% de proteína bruta (FA36) para leitões na fase inicial (15-30 kg).

Table 1. Centesimal and chemical composition of experimental diets of trial II, with graded levels of cottonseed meal with 36% of crude protein (CM36), for starting pigs (15-30 kg).

Ingredientes, % Ingredients, %	Níveis de inclusão de FA36 CM36 Levels of inclusion				
	0	4	8	12	16
Milho moído Yellow corn	73,81	71,84	69,75	67,65	65,56
Farelo de algodão Cottonseed meal	-	4,0	8,0	12,0	16,0
Farelo de soja Soybean meal	23,29	20,42	17,56	14,71	11,85
Óleo de soja Soybean oil	-	0,851	1,779	2,707	3,635
Calcário Limestone	0,610	0,661	0,702	0,744	0,785
Fosfato bicálcico Dicalcium phosphate	1,307	1,219	1,166	1,113	1,059
Sal comum NaCl	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento. Vita. Min. Vit. Min. Mix ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCl 98% L-Lysine HCl	0,078	0,110	0,142	0,174	0,206
Valores determinados Analyzed values ¹					
FDA, %	3,46	4,44	4,97	5,80	6,35
ADF, %					

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial.; ²Valores obtidos no LANA-UEM: FDA - fibra em detergente ácido.

³Vitamin and mineral mix for starting pigs; ⁴Analyzed values from LANA-UEM: ADF - Acid detergent fiber.

Os resultados obtidos para o desempenho foram submetidos à análise de regressão polinomial de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + b_1(N_i - N) + b_2(N_i - N) + e_{ij}$, em que: Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j , recebendo o nível i de farelo de algodão; μ = constante geral; b_1 = coeficiente de regressão linear do nível de FA sobre a variável Y ; b_2 = coeficiente de regressão quadrático do nível de FA sobre a variável Y ; N_i = níveis de FA nas rações, sendo $i = 0, 4, 8, 12$ e 16% ; N = nível médio de FA nas rações; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Experimento III – Experimento de desempenho utilizando o FA42

O Experimento III foi planejado, executado e analisado com as mesmas metodologias do Experimento II. Foram utilizados 40 leitões com peso inicial de $17,62 \pm 2,4$ kg de características semelhantes aos do Experimento II. Nesse experimento, foi

estudado o FA42, cuja composição química e energética foi determinada no Exp. I. As rações formuladas para o Experimento III estão na Tabela 2.

Tabela 2. Composição centesimal e química das rações do experimento III, contendo diferentes níveis de farelo de algodão, com 42% de proteína bruta (FA42), para leitões na fase inicial (15-30 kg).

Table 2. Centesimal and chemical composition of experimental diets of trial III, with graded levels of cottonseed meal with 42% of crude protein (CM42), for starting pigs (15-30 kg).

Ingredientes, % <i>Ingredients, %</i>	Níveis de inclusão de FA42 <i>CM42 Levels of inclusion</i>				
	0	4	8	12	16
Milho moído <i>Yellow corn</i>	73,81	72,63	71,32	70,02	68,71
Farelo de algodão <i>Cottonseed meal</i>	-	4,0	8,0	12,0	16,0
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	23,29	19,77	16,27	12,76	9,26
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	-	0,710	1,497	2,284	3,071
Calcário <i>Limestone</i>	0,610	0,673	0,728	0,782	0,837
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	1,307	1,200	1,127	1,054	0,981
Sal comum <i>NaCl</i>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento, Vita. Min. <i>Vit. Min. Mix¹</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCl 98% <i>L-Lysine HCl</i>	0,078	0,119	0,160	0,200	0,241
Valores determinados <i>Analyzed values²</i>					
FDA, %	3,60	4,71	4,70	5,16	5,61
ADF, %					

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ²Valores obtidos no LANA-UEM: FDA - fibra em detergente ácido.

¹Vitamin and mineral mix for starting pigs; ²Analyzed values from LANA-UEM: ADF - Acid detergent fiber.

Resultados e discussão

Experimento I - ensaio de digestibilidade

A composição química e energética dos dois farelos encontra-se na Tabela 3, enquanto os coeficientes de digestibilidade e de metabolização e os valores digestíveis e metabolizáveis, na Tabela 4.

Os valores de proteína bruta encontrados foram 35,9% para o FA36 e 42,0% para o FA42. De forma geral, os nutrientes, exceto as fibras e o extrato etéreo, foram superiores para o FA42. Os valores diferentes de PB dos farelos estão relacionados ao seu processamento, em função da maior ou menor quantidade de casca, diluindo ou concentrando, desse modo, os demais nutrientes (Tanksley Jr., 1992; Ezequiel, 2002). Além da diluição, o excesso de fibras diminui a digestibilidade dos nutrientes e, principalmente, da energia, pois os valores de digestibilidade normalmente decrescem com o aumento de fibra dos alimentos (Chiba, 2000). Esses valores são confirmados pelos menores valores (Tabela 4) de ED, EM, PD, MSD, MOD e pela maior porcentagem de fibra do FA36.

De forma semelhante aos nutrientes, o valor de gossipol livre e condensado do FA42 foi concentrado com a redução da fibra, o que pode comprometer sua

utilização, principalmente para suínos nas fases iniciais. Os níveis encontrados de gossipol livre (Tabela 3) se aproximam de 400 ppm, e, segundo Ezequiel (2002), farelos de algodão com valores próximos deste devem ser utilizados com moderação na alimentação de suínos.

Tabela 3. Composição química, energética e aminoacídica dos farelos de algodão FA36 e FA42 (matéria natural).

Table 3. Chemical, energetic and amino acid composition of cottonseed meals CM36 e CM42 (as fed basis).

Itens <i>Items</i>	FA36 <i>CM36</i>	FA42 <i>CM42</i>
Matéria seca, % <i>Dry matter, %</i>	92,86	93,25
Energia bruta, kcal kg ⁻¹ <i>Gross energy, kcal kg⁻¹</i>	4.247	4.268
Cálcio, % <i>Calcium, %</i>	0,18	0,19
Fósforo total, % <i>Total, %</i>	0,79	0,93
Matéria mineral, % <i>Ash, %</i>	5,00	5,43
Extrato etéreo, % <i>Crude fat, %</i>	0,99	0,67
Fibra em detergente ácido, % <i>Acid detergent fiber, %</i>	27,18	21,18
Fibra em detergente neutro, % <i>Neutral detergent fiber, %</i>	38,69	30,39
Fibra bruta, % <i>Crude fiber, %</i>	15,60	12,20
Diâmetro geométrico médio, µm <i>Particle size, µm</i>	769	762
Gossipol livre, ppm <i>Free gossypol, ppm</i>	330	342
Gossipol condensado, ppm <i>Bound gossypol, ppm</i>	833	1.316
Proteína bruta, % <i>Crude protein, %</i>	35,90	42,02
Metionina, % <i>Methionine, %</i>	0,506	0,592
Cistina, % <i>Cystine, %</i>	0,560	0,668
Metionina + cistina, % <i>Methionine + cystine, %</i>	1,066	1,261
Lisina, % <i>Lysine, %</i>	1,221	1,466
Treonina, % <i>Threonine, %</i>	1,081	1,294
Arginina, % <i>Arginine, %</i>	3,777	4,597
Isoleucina, % <i>Isoleucine, %</i>	1,048	1,256
Leucina, % <i>Leucine, %</i>	2,014	2,374
Valina, % <i>Valine, %</i>	1,511	1,819
Histidina, % <i>Histidine, %</i>	0,944	1,143
Fenilalanina, % <i>Phenylalanine, %</i>	1,831	2,206
Glicina, % <i>Glycine, %</i>	1,382	1,664
Serina, % <i>Serine, %</i>	1,454	1,740
Prolina, % <i>Proline, %</i>	1,296	1,513
Alanina, % <i>Alanine, %</i>	1,328	1,588
Ácido aspártico, % <i>Aspartic acid, %</i>	3,123	3,731
Ácido glutâmico, % <i>Glutamic acid, %</i>	6,825	8,228

A composição aminoacídica dos dois farelos estudados (Tabela 3) se assemelha aos valores reportados pelo NRC (1998) e aos valores do MA (2000).

Os valores obtidos (Tabela 4) para a ED foram 2.256 e 2.414 kcal kg⁻¹ e para EM 2.042 e 2.169 kcal kg⁻¹, respectivamente, para o FA36 e FA42. Esses valores são inferiores aos apresentados pelo NRC (1998), que relata valores de 2.570 kcal kg⁻¹ de ED e 2.315 kcal kg⁻¹ de EM para farelos com 41% de PB. Entretanto os dois farelos estudados apresentaram os seus valores de FDA (27,18 e 21,18%) superiores ao farelo de algodão descrito pelo NRC (1998), que é de 19,4%, o que explica os resultados mais baixos de ED e de EM obtidos. Da mesma forma, Ferreira *et al.* (1997) obtiveram valores mais elevados de ED e de EM para farelo de algodão (38,5% de PB), 2.490 e 2.410 kcal de ED e EM kg⁻¹, respectivamente. Valores próximos, no entanto, são reportados em outras literaturas, como do MA (2000) que indica 2.200 kcal kg⁻¹ de ED para farelos com 38% de PB, estando próximo aos encontrados para o FA36. Para farelo de algodão com 40% de PB e com 11% de fibra bruta, Rostagno *et al.* (2000) citam 2.379 kcal de ED kg⁻¹, valor próximo ao encontrado para o FA42. Essas diferenças nos valores de ED e de EM encontradas na literatura e no presente experimento podem ter ocorrido devido também às diferenças nas idades dos animais utilizados nas diferentes pesquisas.

Não foram observadas diferenças (P>0,05) entre os coeficientes de digestibilidade (Tabela 4) dos farelos estudados, mas, numericamente, os resultados para o FA42 foram superiores.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), de metabolização (CM) e de valores digestíveis dos nutrientes e de energia dos farelos de algodão FA36 e FA42.

Table 4. Apparent digestible coefficients (ADC), metabolizable (MC) and digestible values of nutrients and energy of cottonseed meal CM36 and CM42.

Coeficientes, %	FA36	FA42	CV ²
Coeficients, %	CM36	CM42	
CDA da Matéria seca	51,48	54,00	3,10
ADC Dry matter ¹			
CDA da Proteína bruta	77,54	79,87	1,97
ADC Crude protein ¹			
CDA da Matéria orgânica	55,77	60,38	2,85
ADC Organic matter ¹			
CDA da Energia bruta	53,13	56,57	3,42
ADC Gross energy ¹			
CM da energia bruta	48,08	50,82	2,91
MC Gross energy ¹			
Valores digestíveis e metabolizáveis			
Digestible and metabolizable values			
Energia digestível, kcal kg ⁻¹	2.256	2.414	-
Digestible energy, Mca kg ⁻¹			
Energia metabolizável, kcal kg ⁻¹	2.042	2.169	-
Metabolizable energy, kcal kg ⁻¹			
Proteína digestível, %	27,84	33,56	-
Digestible protein, %			
Matéria seca digestível, %	47,80	50,36	-
Digestible dry matter, %			
Matéria orgânica digestível, %	48,09	52,50	-
Digestible organic matter, %			

¹Valores semelhantes pelo teste F (P>0,05); ²Coefficiente de variação.

¹Similar values for F test (P>0,05); ²Coefficient of variation.

Essa semelhança de resultados dos coeficientes

de digestibilidade entre o farelo de menor fibra (FA42) e o de maior fibra (FA36) não era esperada, visto que os efeitos físico-químicos da fibra como o acréscimo nas secreções digestivas e na capacidade de ligação com a água, além de acréscimo nas perdas endógenas, alteram a digestibilidade aparente dos alimentos (Grieshop *et al.*, 2001).

Experimento II – experimento de desempenho utilizando o FA36

Os resultados referentes ao experimento de desempenho FA36 estão apresentados na Tabela 5. Não houve (P>0,05) efeito dos níveis do FA36 sobre o CDR e o NUP, contudo foi observado efeito quadrático (P=0,05) sobre o GDP e aumento linear (P<0,05) para CA.

A ausência de efeitos dos níveis de inclusão de FA36 sobre os resultados do CDR pode ter ocorrido em função das rações possuírem os mesmos níveis energéticos. Resultados semelhantes foram obtidos por Balogun *et al.* (1990) e por Li *et al.* (2000), que não observaram alterações no CDR com a inclusão de níveis crescentes de FA.

Tabela 5. Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), nitrogênio da uréia plasmática (NUP) e preço máximo do farelo de algodão de acordo com a porcentagem de inclusão para que tenha mesma eficiência econômica da ração sem FA36 (PMFA36), de leitões na fase inicial (15–30 kg), alimentados com níveis crescentes de farelo de algodão (36% de proteína bruta) nas rações.

Table 5. Daily fed intake (DFI), daily weight gain (DWG), feed:gain ratio (FGR), plasma urea nitrogen (PUN) and maximum cost of the cotton seed meal (36% of CP) in accord with the inclusion percentage so that has the same economical efficiency of the diet without CM36 (MCCM36) of starting pigs (15–30 kg), fed on diets with different levels of cottonseed meal (36% crude protein).

	Nível de inclusão do FA36, %					CV ¹	Reg ²
	CM36 inclusion levels, %						
0	0	4	8	12	16		
CDR, kg	1,527	1,598	1,685	1,496	1,536	8,64	NS
DFI, kg							
GDP, kg	0,812	0,846	0,885	0,750	0,747	6,95	Q=0,05
DWG, kg							
CA	1,88	1,89	1,90	1,99	2,06	3,81	L<0,05
FGR							
NUP, mg dl ⁻¹	17,39	17,85	16,57	16,40	18,90	22,88	NS
PUN, mg dl ⁻¹							
PMFA36, R\$	-	0,704	0,691	-0,403	-0,323	-	-
MCCM36, R\$							

¹Coefficiente de variação; ²Análise de regressão: Q = Efeito quadrático, GDP_{FA36} = 0,81786+0,01204FA-0,00111FA²; L = Efeito linear, CA_{FA36} = 1,852858 + 0,011594FA.

¹Coefficient of variation; ²Regression analysis: Q = quadratic effect, DWG_{CM36} = 0,81786+0,01204CM-0,00111CM²; L = linear effect, CA_{FA36} = 1,852858 + 0,011594CM).

O efeito quadrático com ponto máximo do FA36 sobre o GDP para o nível de 5,44% (Tabela 5) pode ter ocorrido devido a uma combinação entre os ingredientes da dieta, principalmente quanto à inclusão do óleo e do nível de fibra nos percentuais de inclusão mais elevados (12 e 16%). Esses resultados são semelhantes aos de Tanksley (1992), o qual afirma que os melhores desempenhos de suínos alimentados com farelo de algodão são obtidos

quando este é utilizado em combinação com outras fontes de proteína de alta qualidade, como o farelo de soja e a farinha de peixe, devido às melhoras no balanço dos aminoácidos nos níveis intermediários de inclusão.

A CA aumentou de forma linear ($P < 0,05$); essa piora na CA ocorreu devido ao aumento nos teores de fibra. Resultados semelhantes são reportados por Balogun *et al.* (1990) e por Li (2000), os quais observaram piora na CA com a inclusão de farelo de algodão.

Os níveis de NUP não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de FA36, embora seja observada uma redução numérica nos níveis intermediários de inclusão. A avaliação da variável NUP, nos estudos nutricionais com farelo de algodão, é considerada de grande importância. Pravirodigo *et al.* (1997) relatam que o balanço de nitrogênio pode ser mais preciso na predição da utilização de nitrogênio dos FA do que a digestibilidade ileal, devido à maior perda urinária de nitrogênio em rações com FA, quando comparadas às rações com farelo de soja.

Utilizando os dados de ganho de peso e o consumo de ração do experimento, foram elaboradas as equações 1, 2, 3 e 4 referentes à inclusão do FA36 nas dietas de leitões (15-30 kg), de modo a estimar o preço máximo do FA36 a ser pago conforme o nível de inclusão:

Equação 1, preço máximo do FA36 para ser incluído em 4% nas dietas para leitões: $PMFA36\ 4\% \leq 0,526857 \cdot PRL + 0,333856 \cdot PMI - 0,456752 \cdot PFS + 0,212750 \cdot POL + 0,019579 \cdot PCA - 0,007367 \cdot PFB + 0,004478 \cdot PSA + 0,005598 \cdot PMX + 0,008873 \cdot PLI$.

Equação 2, preço máximo do FA36 para ser incluído em 8% nas dietas para leitões: $PMFA36\ 8\% \leq 0,542778 \cdot PRL + 0,357878 \cdot PMI - 0,443189 \cdot PFS + 0,222375 \cdot POL + 0,018652 \cdot PCA - 0,002301 \cdot PFB + 0,004690 \cdot PSA + 0,005862 \cdot PMX + 0,008915 \cdot PLI$.

Equação 3, preço máximo do FA36 para ser incluído em 12% nas dietas para leitões: $PMFA36\ 12\% \leq -0,346493 \cdot PRL - 0,596024 \cdot PMI - 0,994229 \cdot PFS + 0,302529 \cdot POL + 0,014050 \cdot PCA - 0,023665 \cdot PFB - 0,000607 \cdot PSA - 0,000759 \cdot PMX + 0,010610 \cdot PLI$.

Equação 4, preço máximo do FA36 para ser incluído em 16% nas dietas para leitões: $PMFA36\ 16\% \leq -0,265525 \cdot PRL - 0,487373 \cdot PMI - 1,287602 \cdot PFS + 0,414294 \cdot POL + 0,020371 \cdot PCA - 0,027353 \cdot PFB + 0,000279 \cdot PSA + 0,000349 \cdot PMX + 0,014643 \cdot PLI$. Onde: PMFA, preço máximo do FA36 para que tenha a mesma eficiência econômica da ração sem FA (nível zero de inclusão); PRL, preço do kg de suíno vivo; PMI, preço do kg de milho; PFS, preço do kg do farelo de soja; POL, preço do kg do óleo de soja; PCA, preço

do kg do calcário; PFB, preço do kg do fosfato bicálcico; PSA, preço do kg do sal; PMX, preço do kg do premix vitamínico mineral para leitões; PLI, preço do kg da lisina.

Aplicando às equações os preços vigentes no período do experimento, foram obtidos os preços máximos do FA36 (Tabela 5) para que as dietas experimentais tenham a mesma eficiência econômica da dieta com o nível zero de FA36.

Observou-se que até o nível de 8% de inclusão, apesar da piora na CA, o FA foi economicamente viável, pois seu preço no período era de aproximadamente R\$0,45 (56% do preço do farelo de soja), permitindo sua utilização até o nível de 8%. Nos níveis mais elevados, a piora no desempenho e o aumento do custo do kg da dieta tornam a utilização do FA inviável (Tabela 5).

Em relação à eficiência econômica da utilização de farelo de algodão, Polinutri (2003) afirma que, em situações práticas, torna-se viável economicamente, quando seu preço representa 55% ou menos do preço do farelo de soja.

Experimento III – experimento de desempenho utilizando o FA42

Os resultados referentes ao experimento de desempenho, utilizando o FA42 estão na Tabela 6. A análise indicou ($P < 0,05$) efeito quadrático com ponto mínimo com a adição de níveis crescentes de FA42 sobre o CDR, GDP e NUP e aumento linear na CA.

Tabela 6. Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), nitrogênio da uréia plasmática (NUP) e preço máximo do farelo de algodão (42% de PB), de acordo com a porcentagem de inclusão para que possua a mesma eficiência econômica da ração sem FA42 (PMFA42), de leitões na fase inicial (15 – 30 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo de algodão (42% de proteína bruta) nas rações.

Table 6. Daily fed intake (DFI), daily weight gain (DWG), feed:gain ratio (FGR), plasma urea nitrogen (PUN) and maximum cost of the cotton seed meal (42% of CP) in accord with the inclusion percentage so that has the same economical efficiency of the diet without CM42 (MCCM42) from starting pigs (15 – 30 kg), fed with different levels of cottonseed meal (42% crude protein).

Itens <i>Items</i>	Nível de inclusão do FA42, % <i>CM42 inclusion levels, %</i>					CV ¹	Reg ²
	0	4	8	12	16		
CDR, kg <i>DFI, kg</i>	1,702	1,633	1,572	1,576	1,628	4,01	Q<0,05
GDP, kg <i>DWG, kg</i>	0,882	0,836	0,771	0,772	0,798	6,32	Q<0,05
CA <i>FGR</i>	1,93	1,95	2,04	2,05	2,04	3,78	L<0,05
NUP, mg dl ⁻¹ <i>PUN, mg dl⁻¹</i>	15,54	13,63	11,51	14,89	13,11	17,95	Q<0,05
PMFA42, R\$ <i>MCCM42, R\$</i>	-	-0,513	-0,872	-0,488	-0,166	-	-

¹Coefficiente de variação. ²Análise de regressão: Q = Efeito quadrático, $CDR_{FA42} = 0,888644 - 0,020934FA + 0,000945FA^2$; $GDP_{FA42} = 1,706693 - 0,027001FA + 0,001369FA^2$; $NUP_{FA42} = 16,159947 - 0,997250FA + 0,056835FA^2$; L = Efeito linear, $CA_{FA42} = 1,937578 + 0,008002FA$.

³Coefficient of variation; Regression analysis; Q = Quadratic effect, $DFICM42 = 0,888644 - 0,020934CM + 0,000945CM^2$; $DWGC42 = 1,706693 - 0,027001CM + 0,001369CM^2$; $PUNFA42 = 16,159947 - 0,997250CM + 0,056835CM^2$; L = Linear effect, $FGRCM42 = 1,937578 + 0,008002CM$.

O comportamento quadrático dos níveis de inclusão sobre os resultados de CDR, para o FA42, não era esperado, visto os resultados do experimento II e dos estudos de Balogun *et al.* (1990) e de Li *et al.* (2000), os quais não obtiveram diferenças no CDR com a inclusão de níveis crescentes de FA.

O GDP reduziu de forma quadrática com inflexão da curva ocorrendo com 9,86% de FA42. Esse comportamento foi semelhante ao ocorrido no experimento com FA36 (Tabela 5) e aos trabalhos de Balogun *et al.* (1990), Li *et al.* (2000) e Rogozhin *et al.* (1986), os quais observaram piora no GDP com a inclusão de FA.

Possivelmente, a elevada inclusão de óleo (3,07%), na última ração, necessário para corrigir a energia digestível da ração, tenha contribuído para um pequeno aumento no ganho de peso no último nível de inclusão. Dessa forma, foi observado o efeito quadrático para essa variável, em que o menor GDP foi obtido no nível de 9,86% de FA42. Os níveis de NUP provavelmente refletiram o CDR, apresentando efeito quadrático semelhante a essa variável, indicando o nível de 8,77% de FA42 como o ponto de mínimo. A CA teve aumento linear semelhante ao experimento II, provavelmente pelos mesmos motivos já discutidos no Exp. II.

Em relação às análises econômicas, foram utilizados procedimentos semelhantes ao do Exp. II e elaboradas as equações 5, 6, 7 e 8, referentes à inclusão do FA42 nas dietas de leitões (15–30 kg), considerando os mesmos fatores do Exp. II.

Equação 5, preço máximo do FA42 para ser incluído em 4% nas dietas para leitões: $PMFA42\ 4\% \leq -0,709985*PRL -1,076147*PMI -1,126817*PFS +0,177500*POL +0,009285*PCA -0,040601*PFB -0,004239*PSA -0,005299*PMX +0,009423*PLI$.

Equação 6, preço máximo do FA42 para ser incluído em 8% nas dietas para leitões: $PMFA42\ 8\% \leq -0,881917*PRL -1,071875*PMI -1,117833*PFS +0,187125*POL +0,008455*PCA -0,035987*PFB -0,004128*PSA -0,005160*PMX +0,009445*PLI$.

Equação 7, preço máximo do FA42 para ser incluído em 12% nas dietas para leitões: $PMFA42\ 12\% \leq -0,586355*PRL -0,804939*PMI -1,552259*PFS +0,286274*POL +0,015470*PCA -0,044755*PFB -0,003992*PSA -0,004990*PMX +0,014513*PLI$.

Equação 8, preço máximo do FA42 para ser incluído em 16% nas dietas para leitões: $PMFA42\ 16\% \leq -0,321095*PRL -0,527613*PMI -1,952874*PFS +0,397542*POL +0,025805*PCA -0,049871*PFB -0,002348*PSA -0,002934*PMX +0,020643*PLI$.

Aplicando as equações e os preços utilizados no Exp. II, foram obtidos os preços máximos do FA42 (Tabela 6) para que as dietas experimentais tenham a

mesma eficiência econômica da dieta com o nível zero de FA.

No período estudado, o kg do FA42 era de aproximadamente R\$0,53 (65% do preço do kg do farelo de soja). Foi observado que o FA42, em nenhum dos níveis de inclusão, de acordo com preços vigentes no período experimental, foi economicamente viável (Tabela 6).

Era esperado que o FA42 tivesse resultados superiores ou semelhantes ao da ração testemunha e superiores ao FA36, visto ser mais rico em proteína e possuir menores valores de fibras. No entanto, para leitões, o FA42 parece não ter a mesma qualidade nutricional que o FA36. Alguns fatores como a maior participação da proteína do FA42 no total de proteína da dieta (39,5% no nível de 16% de inclusão), quando comparado ao FA36 (33,8 no nível de 16% de inclusão), associado ao maior valor de gossipol livre (Tabela 3), deixaram os animais mais susceptíveis aos seus efeitos tóxicos.

Além disso, o FA42 possui maior quantidade de gossipol condensado (Tabela 3) o que é uma indicação de redução da qualidade protéica, pois o gossipol, ao se condensar, perdendo assim suas propriedades tóxicas, liga-se a aminoácidos essenciais, principalmente à lisina e à metionina, reduzindo, assim, a qualidade da proteína do FA (Chiba, 2000; Tanksley Jr., 1992). Yin *et al.* (1994), avaliando a digestibilidade ileal de lisina, de metionina e de treonina, encontraram menor digestibilidade para o FA quando comparado ao farelo de soja. A combinação desses fatores pode não ter tornado o FA42 economicamente viável (com base nos preços do período). Da mesma forma, Moreira *et al.* (2006), estudando farelo de algodão com as mesmas características do FA42, observaram menor eficiência econômica das dietas, com 8% e 12% de inclusão de farelo de algodão em relação à ração testemunha. A redução dos preços dos óleos e ou aminoácidos sintéticos, contudo, também podem vir a permitir maiores inclusões de FA, sem acarretar prejuízos econômicos aos suínos na fase inicial.

Conclusão

O farelo de algodão FA36 (36% de PB) possui 2.256 kcal de ED kg^{-1} e 2.042 kcal de EM kg^{-1} e o FA42 (42% de PB), 2.414 kcal de ED kg^{-1} e 2.196 kcal de EM kg^{-1} . A inclusão de farelo de algodão, tanto com 36% de PB como com 43% de PB, nas rações, piorou a CA de leitões (15–30 kg). Entretanto, a viabilidade econômica de sua utilização é dependente do custo relativo dos ingredientes.

Referências

- BALOGUN, T.F. *et al.* Undeorticated cottonseed meal as a substitute for soya bean meal in diets for weaner and growing-finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 30, n. 3-4, p. 193-201, 1990.
- CHIBA, L.I. Protein supplement. In: LEWIS, A.I.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). *Swine nutrition*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 803-837.
- EZEQUIEL, J.M.B. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem animal In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. p. 137-162.
- FERREIRA, E.R.A. *et al.* Avaliação da composição química e determinação de valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suínos. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 514-523, 1997.
- GRIESHOP, C.M. *et al.* Nonstarch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: LEWIS, A.I.; SOUTHERN, L.L. (Ed.). *Swine nutrition*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 108-130.
- GUIDONI, A.L. *et al.* Método alternativo na análise bioeconômica de experimentos com alimentação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 106-108.
- LI, D.F. *et al.* Growth performance of growing-finishing pigs fed diets supplemented with chinese cottonseed meal based on amino acid digestibilities. *Asian Austr. J. Anim. Sci.*, Seoul, v. 13, n. 4, p. 521-527, 2000.
- MA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. *Normas e padrões de nutrição e alimentação animal - Revisão 2000*. Brasília - DF, 2000. 152p.
- MARA. *Métodos analíticos de controle de alimentos para uso animal*. São Paulo: Anfar, 1992.
- MARSH, W.H. *et al.* Automated and manual direct methods for the determination of blood urea. *Clin. Chem.*, Winston-Salem, v. 11, n. 6, p. 624-627, 1965.
- MATTERSON, L.D. *et al.* The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Storrs Agric. Exp. Stn Res. Rep.*, Storrs, v. 11, p. 3-11, 1965.
- MOREIRA, I. *et al.* Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1077-1084, 2006. (supl.).
- MOREIRA, I. *et al.* Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados pelo calor. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 23, p. 916-929, 1994.
- NCPA-National Cottonseed Products Association. *Cottonseed feed products guide*. Disponível em: <<http://www.cottonseed.com/publications/feedproductsguide.asp>>. Acesso em: 15 jan. 2003.
- NRC-National Academy of Science. *Nutrient requirements of swine*. 10. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998.
- POLINUTRI, *Utilização de farelo de algodão para suínos e aves*. 2003. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br/conteudo_dicas_janeiro_03.htm>. Acesso em: 1º fev. 2004.
- PRAWIRODIGDO, S. *et al.* Nitrogen retention in pigs given diets containing cottonseed meal or soyabean meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 67, n. 2-3, p. 205-211, 1997.
- ROGOZHIN, P.S. *et al.* Effect of gossypol-containing feeds on immunoreactivity in pigs. 1986. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afri/Absts/169.HTM>>. Acesso em: 2 jan. 2004.
- ROSTAGNO, H.S. *et al.* Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- TANKSLEY JR., T.D. Cottonseed meal. In: THACKER, P.A.; KIRKWOOD, R.N. (Ed.). *Nontraditional feed sources for use in swine production*. Washington, D.C., 1992. p. 139-151.
- YIN, Y.L. *et al.* Apparent digestibilities of energy, cell-wall constituents, crude protein and amino-acids of Chinese oil meals for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 45, n. 3-4, p. 283-298, 1994.

Received on July 31, 2006.

Accepted on November 28, 2006.