



Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg)

Ivan Moreira¹, Iolanda Maria Sartori², Diovani Paiano³, Rafael Mansano Martins², Gisele Cristina de Oliveira³

¹ Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

² Zootecnista.

³ Doutorando em Zootecnia - UEM.

RESUMO - Um experimento foi conduzido para verificar os efeitos da inclusão de três níveis (0, 8 e 12%) de farelo de algodão contendo 36% de PB (FA₃₆) e três níveis (0, 20 e 40 g/100 kg de ração) de sulfato de ferro (FeSO₄) em rações isoenergéticas (12% de FA₃₆) sobre o desempenho, o nitrogênio na uréia plasmática (NUP) e o eritrograma de leitões na fase inicial (15 a 30 kg). Foram utilizados 80 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso inicial de 14,81 ± 1,72 kg, alojados em baias suspensas. Foi utilizado o delineamento em blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos (0FA, 8FA, 12FA, 12FA+20FeSO₄ e 12FA+ 40FeSO₄) e cinco repetições, compostas por dois ou três animais por unidade experimental. Não houve efeito dos níveis de FA₃₆ nem da adição do sulfato de ferro sobre o desempenho dos leitões. Os valores de NUP não foram influenciados pela inclusão de FA₃₆. Os valores de eritrograma não indicaram efeito dos níveis crescentes de inclusão do FA₃₆ nem da adição do sulfato de ferro, exceto para a variável Hemoglobina Corpuscular Média (HCM), que aumentou linearmente com a inclusão de níveis crescentes de sulfato de ferro nas dietas. A inclusão de até 12% de FA₃₆ na dieta não prejudica o desempenho de leitões, não havendo a necessidade da adição de sulfato de ferro.

Palavras-chave: alimento alternativo, desempenho, gossipol, nutrição animal, suínos

Effects of feeding cottonseed meal with or without iron addition for starting piglets (15-30 kg)

ABSTRACT - A trial was carried out to evaluate the effects of increasing levels (0, 8 and 12%) of cottonseed meal 36% (CM₃₆) and three inclusion levels (0, 20, and 40 g/100 kg) of ferrous sulfate - FeSO₄ (12% of CM diets) on the performance, plasma urea nitrogen (PUN) and hematological values of starting pigs (15-30 kg). Eighty pigs, barrows and females, averaging initial body weight of 14.81 ± 1.72 kg were allotted to a complete randomized block design with five treatments (0CM, 8CM, 12CM, 12CM+20FeSO₄, and 12CM+40FeSO₄) and five replicates with two or three piglets per experimental unit. There was no effect of increasing CM₃₆ levels and ferrous sulfate addition on piglet performance. The increasing of CM₃₆ did not influence the PUN values. The hematological values were affected neither by the increasing levels of CM₃₆ nor by the ferrous sulfate addition, except for cell hemoglobin (MCH) that increased linearly as the dietary levels of ferrous sulfate increased. It can be concluded that CM₃₆ can be included up to 12% in the diet with no effects on performance of starting piglets and indicate no need of adding ferrous sulfate.

Key Words: alternative feedstuffs, animal nutrition, gossypol, performance, swine

Introdução

Entre as matérias-primas utilizadas na fabricação das rações para suínos, o milho, principal alimento energético, e o farelo de soja, principal suplemento protéico, estabelecem a dependência dos suinocultores e as principais oscilações no custo final da produção de suínos. Nesse contexto, têm-se buscado alternativas que viabilizem a substituição parcial ou total desses ingredientes. A utilização racional dos diferentes subprodutos da agroindústria na alimentação de

suínos depende basicamente da composição química, dos valores de digestibilidade e da disponibilidade dos nutrientes (Ferreira et al., 1997). Semelhantemente a outros alimentos, o valor nutricional dos subprodutos depende da quantidade dos nutrientes disponíveis, da proporção e da presença ou não de substâncias tóxicas ou antinutricionais (Polinutri, 2002), como ocorre com o farelo de algodão (FA).

O farelo de algodão tem sido avaliado como alimento alternativo ao farelo de soja, visando sua inclusão em rações para suínos nas diferentes fases de criação (Balogun

et al., 1990; Yu et al., 1996; Dove, 1997; Li et al., 2000; Moreira et al., 2003; Paiano et al., 2005). Entretanto, apresenta como fator antinutricional o gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$), um pigmento polifenólico amarelo presente na semente do algodão, confinado em glândulas especiais (glândulas de gossipol), perfazendo 20,6 a 30% do peso dessas glândulas. Este composto possui vários subtipos, todos com propriedades semelhantes. As mudanças em sua conformação estão relacionadas ao local em que as glândulas que o produzem: planta, folhas, flor ou semente (Stipanovic, 1988).

O gossipol é uma toxina potente que interfere no aproveitamento de elementos minerais, formando complexos estáveis com cátions como o ferro, podendo produzir anemia. Possui caráter ácido, antioxidante, solúvel em solventes de média polaridade, com grande variedade de cores (púrpura, laranja, azul, verde) e está confinado principalmente nas glândulas existentes na semente do algodão (Polinutri, 2002).

A intoxicação pelo gossipol pode causar esterilidade dos reprodutores, debilidade muscular, edema cardíaco (Polinutri, 2002) e outros prejuízos econômicos decorrentes da queda do desempenho.

O gossipol pode ser inativado por tratamentos térmicos, embora o uso destes processos térmicos possa formar complexos inertes e indigestíveis entre o gossipol e a proteína (Tanksley Jr, 1992). Sua toxidez pode ser prevenida pela adição de sais de ferro à dieta, como sulfato ferroso, utilizado na proporção 1:1 (ferro:gossipol livre). O ferro forma um complexo insolúvel e irreversível com o gossipol no trato intestinal, evitando sua absorção (Chiba, 2001).

A maioria dos farelos de algodão comercializados possui nível de PB de 36 a 41%, resultante das diferentes formas de processamento, resultando em farelos com proporções diversas de semente, casca, óleo e linter (Tanksley Jr., 1992). Além disso, o farelo de algodão é rico em fibra (11 a 13% de FB e 28,4% de FDN, NRC, 1998), um indicativo de baixo teor de energia (2379 kcal de ED/kg, Rostagno et al., 2000), comparado ao farelo de soja (Tanksley Jr., 1992). A explicação é que os valores de ED dos alimentos para suínos normalmente decrescem com o aumento do teor de fibra bruta (Chiba, 2001).

Paiano et al. (2005), em estudo de digestibilidade, encontraram para o farelo de algodão com 36% de PB valor de 2.256 kcal de ED/kg. Resultados na literatura comprovam que a utilização de FA de boa qualidade (44,6 % de PB e menos de 0,85% de gossipol) pode ser eficiente até o nível de 12% de inclusão na dieta de leitões na fase inicial (Dove, 1977). Entretanto, Paiano et al. (2005) trabalharam com farelos de algodão com 42 e 36% de PB e concluíram que 4

e 12%, respectivamente, são os níveis máximos de inclusão em rações para leitões de 15 a 30 kg.

De acordo com Cai & Zimmerman (1995), a concentração do nitrogênio da uréia plasmática (NUP) está inversamente correlacionada à qualidade da proteína dietética. Assim, a redução da concentração de NUP reflete melhor eficiência na utilização de nitrogênio e pode ser utilizada na avaliação da qualidade da proteína dietética.

As características das células vermelhas de suínos são dependentes do nível de nutrição, sobretudo da disponibilidade de ferro, de mudanças relacionadas à idade ou a fatores nutricionais (Imlah & McTaggart, 1977) e podem ser úteis na avaliação do efeito antinutricional do gossipol.

Este estudo foi realizado com o objetivo de verificar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão e sulfato de ferro sobre o desempenho, os níveis sanguíneos de NUP e o eritrograma de leitões na fase inicial (15 a 30 kg).

Material e Métodos

Foram utilizados 80 leitões mestiços, machos castrados e fêmeas, com pesos inicial e final de $14,81 \pm 1,72$ e $32,31 \pm 4,34$ kg, respectivamente. Os leitões foram alojados em salas de creche com baias suspensas e piso parcialmente ripado, com dois ou três animais por baia.

Foi avaliado um farelo de algodão com 36% de PB (FA_{36}), 330 ppm de gossipol livre e 833 ppm de gossipol condensado (Determinados pelo LABTEC – Campinas/SP), cuja composição química encontra-se na Tabela 1.

Os tratamentos foram constituídos de cinco rações experimentais (Tabela 2), contendo três níveis de FA_{36} (0; 8 e 12%) e três níveis de sulfato de ferro (0, 20 e 40 g/100 kg de ração), totalizando 12% de FA_{36} . As rações foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais de leitões na fase de 15 a 30 kg, descritas pelo NRC (1998). As rações fareladas e a água foram oferecidas *ad libitum* em comedouro semi-automático e bebedouros tipo chupeta.

As análises da composição química dos alimentos e das rações (MS, PB, Ca, P total, EE, FB, FDN, e FDA) foram realizadas conforme procedimentos descritos por Mara (1992).

Os leitões e as rações foram pesados no início e ao final do experimento (na semana que atingiram ± 30 kg), sendo determinados o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) dos animais.

As coletas de sangue para determinação do NUP foram feitas por punção da veia cava cranial, no início e no final do experimento, utilizando-se seringas de 10 mL contendo

Tabela 1 - Composição química de alguns alimentos utilizados nas rações (matéria natural)

Table 1 - Chemical composition of some feedstuffs used in the diets (as-fed basis)

Item Item	Farelo de algodão Cottonseed meal	Milho Yellow corn	Farelo de soja Soybean meal
MS (DM), %	91,90	88,89	89,85
PB (CP), %	36,22	8,63	43,32
Lis (Lys), %	1,29 ⁽¹⁾	0,204 ⁽²⁾	2,41 ⁽²⁾
Ca (%)	0,152	0,014	0,274
P total (Total P), %	0,974	0,243	0,632
EE (Fat), %	0,77	3,54	1,08
FB (CF), %	15,60	1,95 ⁽²⁾	5,92 ⁽²⁾
FDN (NFD), %	38,69	11,40 ⁽²⁾	14,12 ⁽²⁾
FDA (AFD), %	27,18	3,42 ⁽²⁾	7,79 ⁽²⁾
ED (DE), kcal/kg	2.256 ⁽³⁾	3.476 ⁽²⁾	3.241 ⁽²⁾

¹ Análise feita pela Degussa, por meio de hidrólise alcalina, HPLC (Analyses carried out by Degussa using alkaline hydrolysis processed, HPLC).

² Dados baseados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Rostagno et al. (2000) (Data based on the Brazilian tables for Poultry and Swine - Rostagno et al., 2000).

³ Valores determinados por Paiano et al. (2005) (Values obtained from Paiano et al., 2005).

uma gota de heparina (anticoagulante). Após a coleta do sangue (aproximadamente 5 mL), o material foi submetido à centrifugação a 3.000 rpm, por 15 minutos, para obtenção do plasma sanguíneo. Sequencialmente, foi transferido para ependorfs previamente identificados, que foram armazenados em congelador para posteriores determinações das concentrações de NUP. A dosagem do NUP, no início do experimento, foi realizada para a obtenção da “baseline”, utilizada como co-variável na análise estatística do NUP dosado no final do experimento.

Para as variáveis do eritograma, no final do período experimental, foram coletadas amostras de aproximadamente 5 mL de sangue, por meio de punção da veia cava cranial, utilizando-se seringas de 10 mL contendo duas gotas de EDTA (anticoagulante). As amostras foram acondicionadas em tubos previamente identificados. O material foi mantido resfriado e, em seguida, foi realizada a análise de eritograma

Tabela 2 - Composições centesimal, química e energética das rações contendo diferentes níveis de farelo de algodão (FA) e sulfato de ferro (Fe), fornecidas aos leitões na fase inicial (15 a 30 kg)

Table 2 - Ingredient, chemical and energy compositions of the experimental diets with different levels of cottonseed meal (CM) and ferrous sulfate (Fe) fed starting pigs (15-30 kg)

Item Item	Tratamento ¹ Treatment ¹				
	0 FA	8 FA	12 FA	12 FA+20 Fe	12 FA+40 Fe
Ingrediente Ingredient (%)					
Milho (Yellow corn)	73,56	69,64	67,55	67,55	67,55
Farelo de soja (Soybean meal)	23,45	17,56	14,71	14,71	14,71
Farelo de algodão (Cottonseed meal)	-	8,00	12,00	12,00	12,00
Óleo de soja (Soybean oil)	-	1,779	2,707	2,707	2,707
Calcário (Limestone)	0,645	0,702	0,744	0,744	0,744
Fosfato bicálcico (Dicalcium phosphate)	1,271	1,166	1,112	1,112	1,112
Sal comum (Salt)	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-lisina (L-lysine)	0,073	0,142	0,174	0,174	0,174
Tylan S-100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vita + min ² (Vit.+min.mix)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sulfato de ferro (Iron sulfate)	-	-	-	0,020	0,040
Nutrientes ³ Nutrients					
Energia digestível (Digestible energy, kcal/kg)	3.363	3.360	3.360	3.360	3.360
Cálcio (Calcium), %	0,660	0,650	0,650	0,650	0,650
Fósforo total (Total phosphorus), %	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Lisina (Lysine), %	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010
Proteína bruta (Crude protein), %	17,05	17,00	17,00	17,00	17,00

¹ 0 FA = 0% de FA; 8FA = 8% de FA; 12 FA = 12% de FA; 12 FA+ 20 Fe = 12% de FA e 20g de FeSO₄; 12 FA + 40 Fe = 12% de FA e 40g de FeSO₄ (FA - cottonseed meal - CM).

² Suplemento vitamínico e mineral (vitamin and mineral supplement) - composição por kg do produto (composition per kg of product): Ác. fólico (folic acid) - 200,0 mg; Vit. A - 2.000.000 UI; Selênio (selenium) - 60,0 mg; Lisina (lysine) - 234.000,0 mg; Colina (choline) - 30.000,0 mg; Ác. pantotênico (pantothenic acid) - 2.400,0 mg; Ác. nicotínico (niacin) - 6.000,0 mg; Vit. B12 - 6.000,0 mcg; Vit. B6 - 600,0 mg; Vit. B2 - 1.200,0 mg; Vit. B1 - 400,0 mg; Vit. K3 - 400,0 mg; Vit. E - 5.000 UI; Vit. D3 - 400.000 UI; Biotina (biotin) - 20,0 mg; Promotor de crescimento (growth promoter) - 10.000,0 mg; Iodo (iodine) - 300,0 mg; Cobalto (cobalt) - 200,0 mg; Cobre (copper) - 35.000,0 mg; Zinco (zinc) - 20.000,0 mg; Ferro (iron) - 20.000mg; Manganês (manganese) - 8.000,0 mg; Antioxidante (antioxidant) - 20.000,0 mg; Veículo (vehicle) q.s.p. - 1.000,0 g.

³ Valores calculados com base na Tabela 1 e nos valores descritos por Rostagno et al. (2000) (Calculated values based on Table 1 and Rostagno et al., 2000).

pelo método manual de contagem de hemácias, de acordo com Carvalho (1999), para análise dos níveis de hematócrito, hemoglobina, hemácias, volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular média.

Efetuiu-se a análise da eficiência econômica da utilização do farelo de algodão em cada um dos tratamentos e do desempenho de suínos na fase inicial (15 a 30 kg). A eficiência foi analisada por meio da estimativa do custo em ração por quilograma de suíno produzido, do Índice de Eficiência Econômica (razão entre o menor custo médio e o custo médio do tratamento considerado, multiplicado por cem) e do Índice do Custo Médio (razão entre o custo médio do tratamento e o menor custo médio multiplicado por cem) utilizando-se as fórmulas descritas por Bellaver et al. (1985) e Gomes et al. (1991).

Foram feitas três análises dos dados. Inicialmente, aplicou-se o teste de média (SNK; $P \leq 0,05$) para comparar as diferenças entre os cinco tratamentos (Tabela 3).

Em seguida, foram feitas duas análises de regressão polinomial, uma estudando os efeitos do nível de inclusão do farelo de algodão (0; 8 e 12% de FA₃₆ - Tabela 4) e outra estudando os níveis de inclusão do sulfato de ferro (0 g FeSO₄, 20 g FeSO₄ e 40 g FeSO₄, correspondentes a 0, 100 e 200 mg de ferro/100 kg de ração - Tabela 5). O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições por tratamento.

Para a análise do farelo de algodão (FA₃₆), foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + n_i + b_j + e_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = variáveis observadas; μ = média geral; n_i = efeitos dos níveis de inclusão do FA₃₆ ($i = 0, 8$ e 12%); b_j = efeito do bloco; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para a análise do sulfato de ferro (Fe), adotou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + n_i + b_j + e_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = variáveis observadas; μ = média geral; n_i = efeito dos níveis de inclusão do FeSO₄ ($i = 0, 20$ e 40 g/kg de ração); b_j = efeito do bloco; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para as variáveis consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar, as baias foram consideradas como unidades experimentais. Para as variáveis de NUP e os valores de eritrograma, cada animal foi considerado uma unidade experimental.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SAEG (UFV, 1997).

Resultados e Discussão

Os resultados de desempenho, os valores de eritrograma e NUP, com a análise estatística, considerando os cinco tratamentos agrupados, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Desempenho, valores de eritrograma e NUP de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com rações contendo níveis crescentes de farelo de algodão (FA) suplementadas com sulfato de ferro (Fe)¹

Table 3 - Performance, hematological values and PUN of starting pigs (15–30 kg) fed diets with different levels of cottonseed meal (CM) and ferrous sulfate (Fe)¹

	Tratamento Treatment					Média ± DP Average ± SD
	0 FA	8 FA	12 FA	12 FA+20 Fe	12 FA+40 Fe	
PI (IW), kg	14,72	14,95	14,71	14,93	14,73	14,81 ± 1,72
PF (FW), kg	31,20	31,86	33,28	31,90	32,06	32,06 ± 3,80
CDR (DFI), kg	1,23	1,33	1,43	1,35	1,38	1,34 ± 0,17
GDP (DWG), g	619	633	699	625	651	647 ± 80
CA (FGR)	2,01	2,10	2,05	2,13	2,12	2,08 ± 0,18
Ht (Ht), (%)	37,80	37,67	37,67	36,16	37,33	37,31 ± 2,07
Hb (Hb), (g/dL)	11,96	12,15	11,96	11,63	12,07	11,96 ± 0,58
Hc (RBC) x 10 ⁶ mm ³	6,74	6,87	6,98	6,50	6,63	6,74 ± 0,39
VCM (MCV), fl	56,04	54,88	54,02	55,63	56,20	55,33 ± 2,35
HCM (MCH), pg	17,70	17,68	17,25	17,87	18,17	17,73 ± 0,71
CHCM (MCHC), %	31,60	32,23	31,83	32,12	32,32	32,03 ± 0,63
NUP i. (iPUN), mg/dL	7,21	6,36	7,32	7,66	7,73	7,25 ± 2,48
NUP f. (fPUN), mg/dL	10,34	10,90	11,43	11,47	12,47	11,32 ± 2,12
IC (CI)	100,0	105,7	104,8	109,5	108,6	105,71 ± 3,75

PI = peso inicial (IW = initial weight); PF = peso final (FW = final weight); CDR = consumo diário de ração (DFI = daily feed intake); GDP = ganho diário de peso (DWG = daily weight gain); CA = conversão alimentar (FGR = feed:gain ratio); Ht = hematócrito (Ht = hematocrit); Hb = hemoglobina (Hb = hemoglobin); Hc = hemácias (RBC = red blood cells); VCM = volume corpuscular médio (MCV = average cell volume); HCM = hemoglobina corpuscular média (MCH = average cell hemoglobin); CHCM = concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC = average cell hemoglobin concentration); NUPi = nitrogênio da uréia plasmática inicial (iPUN - initial plasma urea nitrogen); NUPf = nitrogênio da uréia plasmática final (fPUN = final plasma urea nitrogen); IC = índice de custo (CI = cost index).

¹ Nenhuma das variáveis foi influenciada ($P > 0,05$) pelos tratamentos (No effect [$P > 0.05$] of treatments on any variable was observed).

Os resultados da análise de variância (Tabela 3) não comprovaram diferenças ($P \geq 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis estudadas, indicando que quaisquer das rações estudadas podem ser utilizadas e que a escolha depende da relação de custo das rações.

Como as respostas dos leitões recebendo rações com sulfato de ferro foram semelhantes às daqueles recebendo ração sem sulfato de ferro, assume-se que os níveis de gossipol das rações não foram elevados o suficiente para prejudicar o desempenho dos leitões. O nível de gossipol livre (330 ppm) do FA₃₆ utilizado está abaixo do máximo sugerido por Ezequiel (2002), de 400 ppm.

Os resultados obtidos para consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA), de acordo com os níveis de farelo de algodão e com os níveis de sulfato de ferro, encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Os resultados obtidos são semelhantes aos encontrados por Dove (1997), que não notaram diferenças no desempenho de suínos na fase inicial, ao testarem a inclusão de até 12% de farelo de algodão com nível protéico próximo a 44% e com baixos níveis de gossipol.

Moreira et al. (2003), em estudo com leitões (15 a 30 kg), avaliaram a inclusão de níveis crescentes de FA com 38% de PB e encontraram valor máximo de CDR com 10,18% de FA e melhor resultado de GDP com nível de 8,2% de FA. A CA, no entanto, piorou de forma linear.

Li et al. (2000) verificaram, nos períodos de crescimento (21 a 43 kg) e terminação (43 a 84 kg), que a adição de níveis crescentes de farelo de algodão diminuiu o ganho médio diário e piorou a conversão alimentar de forma linear, mas não influenciou o consumo diário de ração. Os autores sugeriram o uso de até 8% de inclusão de FA em rações para suínos nestas fases.

Tabela 4 - Desempenho de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com rações contendo níveis crescentes de farelo de algodão (FA)

Table 4 - Performance of starting pigs (15-30 kg) fed diets with increasing levels of cottonseed meal (CM)

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão do FA (%) CM inclusion levels (%)			Média ± DP ² Average ± SD
	0 FA	8 FA	12 FA	
Peso inicial (kg) Initial weight	14,72	14,95	14,71	14,79 ± 1,72
Peso final (kg) Final weight	31,19	31,86	33,28	32,11 ± 3,86
CDR (DFI), kg	1,23	1,33	1,43	1,33 ± 0,19
GDP (DWG), g	619	633	699	650 ± 87
CA (F/G)	2,01	2,10	2,05	2,06 ± 0,19

¹ Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) (Daily feed intake [DFI], daily weight gain [DWG] and feed:gain ratio [F/G]).

² Nenhuma das variáveis foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis de FA (No effect [$P > 0,05$] of treatments on any variable was observed).

Balogun et al. (1990) recomendaram valores de até 10% de inclusão de FA e relataram que valores superiores resultam em redução do ganho, piora na conversão alimentar e decréscimo no desempenho de leitões na fase inicial.

Os resultados de Hematócrito (Ht), hemoglobina (Hb), hemáceas (Hc), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e nitrogênio da uréia plasmática (NUP) são descritos nas Tabelas 6 e 7.

Os valores de HCM elevaram de forma linear ($P = 0,045$) com a inclusão crescente de sulfato de ferro (Tabela 7). Essa fração representa o conteúdo de hemoglobina em cada glóbulo. Como a hemoglobina possui átomos de ferro no estado ferroso (Lehninger et al., 1995), esta elevação da HCM indica que, na ração com 12% de FA₃₆ e 0% de sulfato de ferro, havia menor quantidade de ferro disponível para

Tabela 5 - Desempenho de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com rações contendo 12% de farelo de algodão (12FA) e níveis crescentes de sulfato de ferro (Fe)

Table 5 - Performance of starting pigs (15-30 kg) fed diets with 12% of cottonseed meal (CM) and increasing levels of ferrous sulfate (Fe)

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão de sulfato de ferro (g/100 kg) Iron sulfate inclusion levels			Média ± DP ² Average ± SD
	12FA+0Fe	12FA+20Fe	12FA+40Fe	
Peso inicial (kg) Initial weight	14,71	14,93	14,73	14,79 ± 1,73
Peso final (kg) Final weight	33,28	31,89	32,06	32,41 ± 3,57
CDR (DFI), kg	1,43	1,35	1,38	1,38 ± 0,14
GDP (DWG), kg	0,699	0,625	0,651	0,66 ± 0,073
CA (FGR)	2,05	2,13	2,12	2,10 ± 0,16

¹ Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) (Daily feed intake [DFI], daily weight gain [DWG], feed:gain ratio [FGR]).

² Nenhuma das variáveis foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis de sulfato de ferro (No effect [$P > 0,05$] of treatments on any variable was observed).

Tabela 6 - Valores de eritograma e NUP de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com níveis crescentes de farelo de algodão (FA)

Table 6 - Hematological values and PUN of starting pigs (15 a 30 kg) fed diets with increasing levels of cottonseed meal (CM)

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão do FA (%) CM inclusion levels (%)			Média ± DP ² Average ± SD
	0 FA	8 FA	12 FA	
Ht (%)	37,80	37,67	37,67	37,70 ± 1,83
Hb (g/dL)	11,96	12,15	11,97	12,03 ± 0,53
Hc (x 10 ⁶ mm ³) RBC	6,74	6,87	6,98	6,87 ± 0,38
VCM (fl) MCV	56,04	54,88	54,02	54,92 ± 2,39
HCM (pg) MCH	17,70	17,68	17,25	17,53 ± 0,77
CHCM (%) MCHC	31,60	32,23	31,83	31,90 ± 0,69
NUP inicial Initial PUN	7,21	6,36	7,32	6,96 ± 2,23
NUP final Final PUN	10,34	10,89	11,43	10,89 ± 2,07

¹ Veja o significado das siglas no rodapé da Tabela 3 (Look at footnotes on Table 3 for acronym meaning).

² Nenhuma das variáveis foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis de FA (No effect [$P > 0,05$] of treatments on any variable was observed).

Tabela 7 - Valores de eritograma e NUP de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com ração contendo 12% de farelo de algodão (12 FA) e níveis crescentes de sulfato de ferro

Table 7 - Hematological values and PUN of starting pigs (15 - 30 kg) fed diets with 12% of cottonseed meal (12CM) and increasing levels of ferrous sulfate (Fe)

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão de sulfato de ferro (g/100 kg) Iron sulfate inclusion levels			Média ± DP Average ± SD
	12FA+0Fe	12FA+20Fe	12FA+40Fe	
Ht (Ht), (%)	37,67	36,17	37,33	37,05 ± 2,10
Hb (Hb), (g/dL)	11,97	11,63	12,07	11,89 ± 0,59
Hc (RBC), (x10 ⁶ mm ³)	6,98	6,50	6,63	6,71 ± 0,41
VCM (MCV), (fl)	54,02	55,63	56,20	55,28 ± 2,39
HCM (MCH), (pg) ²	17,25	17,87	18,17	17,76 ± 0,79 ²
CHCM (MCHC), (%)	31,83	32,12	32,32	32,09 ± 0,67
NUP inicial (PUN initial)	7,32	7,66	7,73	7,26 ± 2,48
NUP final (PUN final)	11,43	11,47	12,47	11,79 ± 1,97

¹ Veja o significado das siglas no rodapé da Tabela 3 (Look at footnotes on Table 3 for acronym meaning).

² Efeito linear ($P = 0,045$, $HCM = 17,7352 + 0,002275 X$) (Linear effect, $P = 0,045$, $MCH = 17,7352 + 0,002275X$).

sulfato de ferro, provavelmente em razão do baixo teor (330 ppm) de gossipol livre do FA₃₆ estudado, não causando problemas de toxidez, ou pela limitada porcentagem de inclusão (12%) do FA₃₆ nas dietas.

O gossipol pode ser dividido em duas categorias: gossipol condensado, que não é tóxico aos não-ruminantes, e o gossipol livre, tóxico para não-ruminantes. As aves e os suínos são os animais mais sensíveis ao gossipol. Para suínos, os valores de concentração do gossipol livre que provocam toxicidade são de aproximadamente 100 ppm

produção da hemoglobina. Entretanto, isso não prejudicou o desempenho dos leitões (Tabela 4).

Com a adição do sulfato de ferro (20 e 40 g/100 kg de ração), houve maior disponibilidade de ferro para a produção da hemoglobina. Contudo, o menor valor de HCM observado para a ração com 12% de FA₃₆ e sem a adição do sulfato de ferro manteve-se dentro dos padrões normais, não prejudicando o desenvolvimento dos leitões, visto que nenhuma das variáveis de desempenho (Tabela 5) foi influenciada pela adição do sulfato de ferro.

Dove (1997) verificou que os níveis de hematócrito no 14^o dia do estudo não foram influenciados ($P \geq 0,10$) pela adição do farelo de algodão com 44% de PB, porém reduziram no 28^o dia ($P \geq 0,05$) com o aumento dos níveis de farelo de algodão nas dietas. Como nenhum outro exame hematológico foi realizado, não se sabe se a diminuição no valor de hematócrito resultou da diminuição no número de células vermelhas do sangue ou da redução no tamanho das células vermelhas, ou ainda da combinação dos dois.

As demais variáveis observadas não foram influenciadas ($P \geq 0,05$) pela adição do FA₃₆ nem pela inclusão do

(Tanksley Jr., 1992). Com a adição de 12% de FA₃₆ contendo 330 ppm de gossipol livre, a ração continha 40 ppm de gossipol livre, o que está bem abaixo dos 100 ppm indicados por esses autores.

Os valores de NUP não foram influenciados ($P \geq 0,05$) pela inclusão do FA₃₆, o que indica que a qualidade protéica da ração não piorou com a inclusão do FA₃₆. Esse resultado pode ser explicado pela suplementação de lisina às dietas, que aumentou com a crescente inclusão do farelo de algodão. Em geral, a proteína do farelo de algodão pode ser

Tabela 8 - Custo do quilograma da ração, custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg de PV), índice médio de custo e índice de eficiência econômica de suínos, na fase inicial, consumindo rações contendo níveis crescentes de farelo de algodão (FA) e de sulfato de ferro (Fe)¹

Table 8 - Diet cost per kilogram, mean cost in diet per kilogram of live weight gain, mean cost index and economic efficiency index of starting pigs fed increasing levels of cottonseed meal (CM) and of ferrous sulfate (Fe)

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão do FA (%) CM inclusion levels (%)			Média ± DP Average ± SD
	0 FA	8 FA	12 FA	
Custo da ração ² , R\$/ kg (Diet cost, R\$/ kg)	0,5040	0,5257	0,5373	0,5223 ± 0,0169
Custo em ração, R\$/kg de PV (Cost in diet)	1,05	1,11	1,10	1,086 ± 0,032
Índice de custo médio (Average cost index)	100,00	105,81	105,34	103,49 ± 3,06
Índice de eficiência econômica (Economic efficiency index)	100,00	94,50	94,93	96,66 ± 2,93

Variável ¹ Variable	Nível de inclusão de sulfato de ferro (g/100 kg) Iron sulfate inclusion levels			Média ± DP Average ± SD
	12FA+0Fe	12FA+20Fe	12FA+40Fe	
Custo da ração ² , R\$/kg (Diet cost, R\$/ kg)	0,5373	0,5381	0,5389	0,581 ± 0,0008
Custo em ração, R\$/kg de PV (Cost in diet)	1,10	1,15	1,14	1,13 ± 0,026
Índice de custo médio (Average cost index)	105,34	109,72	109,11	107,62 ± 2,52
Índice de eficiência econômica (Economic efficiency index)	94,93	91,14	91,65	92,95 ± 2,20

¹ 0 FA = 0% de FA; 8FA = 8% de FA; 12 FA = 12% de FA; 12 FA + 20 Fe = 12% de FA e 20 g de FeSO₄; 12 FA + 40 Fe = 12% de FA e 40 g de FeSO₄ (FA = CM - cottonseed meal).

² Considerando o preço do FA igual a 70% do preço do farelo de soja (Considering CM price equal to 70% of soybean meal price).

³ Nenhuma das variáveis foi influenciada (P>0,05) pelos tratamentos (No effect [P>0.05] of treatments on any variable was observed).

considerada de boa qualidade, embora tenha a quantidade e digestibilidade dos aminoácidos essenciais, principalmente lisina e treonina, inferiores às do farelo de soja (Li et al., 2000; Yu et al., 1996; Yin et al., 1994).

Na simulação de preços (Tabela 8), considerando o preço do FA₃₆ em 70% do preço do farelo de soja, observou-se que não houve efeito (P ≥ 0,05) da inclusão do FA₃₆ nem do sulfato de ferro sobre o custo médio em ração por quilograma de peso vivo. Estes resultados sugerem que o FA₃₆, com preço de 70% ou menor em relação ao preço do farelo de soja, é economicamente viável para leitões na fase inicial.

Os resultados promissores indicam que mais estudos devem ser feitos objetivando conhecer melhor o valor nutricional do FA₃₆ na alimentação de suínos. Maior ênfase deve ser dada no estudo do conteúdo de gossipol e de níveis mais elevados de inclusão do FA₃₆ nas dietas.

Conclusões

A inclusão de até 12% de farelo de algodão (36% de PB) em rações balanceadas para leitões (15 a 30 kg) não prejudica o desempenho desses animais, sendo desnecessária a inclusão de sulfato de ferro.

Agradecimento

À ESTEVES/A, pelo fornecimento do farelo de algodão.

Literatura Citada

- BALOGUN, T.F.; ADUKU, A.O.; DIM, N.I. et al. Undecorticated cottonseed meal as a substitute for soya bean meal in diets for weaner and growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.30, n.3-4, p.193-201, 1990.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D.R. Relationship of plasma urea nitrogen and urea-cycle amino acid concentrations in swine to dietary electrolyte balance and water intake. **Nutrition Research**, v.15, n.10, p.1517-1524, 1995.
- CARVALHO, W.F. **Técnicas médicas de hematologia e imunohematologia**. 7.ed. Belo Horizonte: COOPMED Editora, 1999. 270p.
- CHIBA, I.L. Protein supplements In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Eds.) **Swine nutrition**. Washington, D.C.: 2001. p.803-837.
- DOVE, C.R. The use of cottonseed meal as a protein source for nursery pigs, 1997. **Animal Report**. Acesso em: 19/05/2000. Disponível em: www.ads.uga.edu/annrpt/1997/97_224.htm
- 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.; FIALHO, E.T.; TEIXEIRA, A.S. et al. Avaliação da composição química e determinação de valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.514-523, 1997.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização do trigoilhado para suínos**. (S.I.): EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, 1991, p.1-2 (Comunicado Técnico, 179).
- IMLAH, P.; MCTAGGART, H.S. Hematology of the pig. In: ARCHER, R.K.; JEFFCOTT, L.B. (Eds.) **Comparative clinical haematology**. 1.ed. Great Britain: London, 1977. p.271-303.

- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; MICHAEL, M.C. A estrutura tridimensional das proteínas. In: **Princípios de bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier Editora de Livros Médicos, 1995. p.118-146.
- LI, D.F.; XU, X.X.; QIAO, S.Y. et al. Growth performance of growing-finishing pigs fed diets supplemented with Chinese cottonseed meal based on amino acids digestibilities. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.13, n.4, p.521-527, 2000.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA - MARA. **Métodos analíticos de controle de alimentos para uso animal**. São Paulo: ANIFAR, 1992. 208p.
- MOREIRA, I.; PAIANO, D.; SILVA, M.A.A. et al. Utilização de dois farelos de algodão na alimentação de suínos na fase inicial 1. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. p.1-5.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1998. 189p.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVA, M.A.A. et al. Utilização de dois farelos de algodão na alimentação de suínos na fase inicial – Digestibilidade e desempenho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 2006 (Submetido para publicação).
- POLINUTRI. 2002. **Gossipol**: princípio tóxico do algodão. Acesso em: 25/01/2002. Disponível em: www.polinutri.com.br
- ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 7.1. Viçosa-MG.1997. 150p. (Manual do usuário).
- STIPANOVIC, R.D.; ALTMAN, D.W.; BELGIN, D.L. et al. Terpenoid aldehydes in upland cottons: analysis by aniline and HPLC methods. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, v.36, p.509-515, 1988.
- TANKSLEY JR., T.D. Cottonseed meal. In: THACKER, P.A.; KIRKWOOD, R.N. (Eds.) **Nontraditional feed sources for use in swine production**. Washington, D.C.: 1992. p.139-151.
- YIN, Y.L.; CHEN, C.M.; ZHONG, H.Y. et al. Apparent digestibility of energy, cell-wall constituents, crude protein and amino acids of Chinese oil meals for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, n.3-4, p.283-298, 1994.
- YU, F.; MOUGHAN, P.J.; BARRY, T.N. et al. The effect of cottonseed tannis from heated and unheated cottonseed on ileal digestibility of amino acids for the growing rat and pig. **British Journal of Nutrition**, v.76, n.3, p.359-371, 1996.

Recebido: 17/03/05
Aprovado: 02/12/05