

IZAURA MARIA BARROS DE LORENA REZENDE

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DO FARELO DE
ALGODÃO COM ADIÇÃO OU NÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES
PARA SUÍNOS**

**RECIFE
PERNAMBUCO – BRASIL
2010**

IZAURA MARIA BARROS DE LORENA REZENDE

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DO FARELO DE
ALGODÃO COM ADIÇÃO OU NÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES
PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*, área de produção de não ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior (UFRPE)

Conselheiros: Prof. Dr. Carlos Boa-Viagem Rabello (UFRPE)

Prof. Dr^a. Maria do Carmo M. M. Ludke (UFRPE)

RECIFE – PERNAMBUCO

2010

IZAURA MARIA BARROS DE LORENA REZENDE

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DO FARELO DE ALGODÃO
COM ADIÇÃO OU NÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA SUÍNOS**

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 10 de dezembro de 2010.

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Comissão Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Mônica Calixto Ribeiro de Holanda
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

**RECIFE – PE
2010**

BIOGRAFIA DO AUTOR

Izaura Maria Barros de Lorena Rezende, filha de Simplicio Antonio de Lorena e Lenira Barros de Lorena, nasceu em Recife – PE, no dia 12 de maio de 1982. Iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco em abril de 2003, onde em 2007 tornou-se bolsista do Programa de Monitoria da disciplina de Suinocultura, no qual permaneceu até dezembro de 2008. Recebeu o grau de Zootecnista em janeiro de 2008. A partir de agosto de 2008 iniciou as atividades no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na área de Produção de Não Ruminantes. Em outubro de 2008 ingressou na Pós-Graduação (Especialização) da Universidade Federal de Lavras – UFLA, onde, em outubro de 2009, obteve o título de Especialista em Produção de Suínos. Em 10 de dezembro de 2010 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

DEDICO

Aos meus pais,

Simplicio e Lenira,

Pela minha formação e exemplo de vida.

Aos meus irmãos,

Alexandre, Henrique e Virginia,

Pelo companheirismo, carinho, apoio e ensinamentos.

Aos meus sobrinhos,

Gustavo, Mathaeus, Milena e Gabriela,

Por serem as coisinhas mais fofas da minha vida.

Ao meu marido,

Fabio,

Pela paciência, carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por esta realização.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Wilson Moreira Dutra Junior, pela orientação e confiança durante a realização deste trabalho.

À professora Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, pelo apoio e contribuições para conduzir este trabalho.

Ao professor Carlos Bôa-Viagem Rabello, pela dedicação, sugestões e auxílio na execução do trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, que contribuíram de forma valiosa para a minha formação profissional.

Ao Laboratório de Nutrição Animal e ao Departamento de Zootecnia da UFRPE, pela disponibilização das instalações para realização das análises laboratoriais.

À Agropecuária São José, pelo fornecimento do farelo de algodão para execução da pesquisa.

À empresa DSM, pela doação das enzimas.

Ao Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, pela disponibilidade das dependências para realização de análises laboratoriais.

Ao funcionário Seu Bui, pela amizade e dedicação durante a condução do experimento.

Aos alunos de graduação do curso Zootecnia, Liliane Palhares, Rafaela Leitão, Caio César, Débora Nathália, Diego, Dayse, Juliana, pelo companheirismo, dedicação, amizade e apoio, quando muitas e muitas vezes me aperreava na condução do experimento.

Aos poucos amigos da pós-graduação, Cláudia Lopes, Alcilene Samay, Christiano Borges, Mônica Brainer, Juliana Cláudia, Emanuela Lima, Emanuela Nataly e Paulo Sales, pela força, colaboração, incentivo e companheirismo.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	viii
Resumo	ix
Abstract.....	x
Considerações Iniciais.....	11
Capítulo 1 - Referencial Teórico.....	13
Referências Bibliográficas.....	26
Capítulo 2 - Digestibilidade do farelo de algodão com ou sem adição das enzimas protease e fitase na alimentação de suínos.....	32
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	39
Conclusão.....	44
Agradecimentos.....	45
Referências Bibliográficas.....	45
Capítulo 3 - Desempenho e avaliação de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação em rações alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas.....	50
Resumo.....	51
Abstract.....	52
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	54
Resultados e Discussão.....	59
Conclusão.....	67
Agradecimentos.....	67
Referências Bibliográficas.....	67
Capítulo 4 - Avaliação econômica da utilização de diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas nas dietas de suínos nas fases de crescimento e terminação.....	71
Resumo.....	72
Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussão.....	78
Conclusões.....	80
Agradecimentos.....	81
Referências Bibliográficas.....	81

LISTA DE TABELAS

Digestibilidade do farelo de algodão com ou sem adição das enzimas protease e fitase na alimentação de suínos

Tabela 1. Composição alimentar, nutricional e energética da ração referência para suínos machos castrados.....	38
Tabela 2. Médias dos teores de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido, de energia bruta, teor de fósforo e gossiol livre determinados para o farelo de algodão.....	40
Tabelas 3. Valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fósforo (CDAP), e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) das rações.....	41
Tabela 4. Média do nitrogênio ingerido (Ni), excretado nas fezes (Nf) e na urina (Nu), absorvido (Na) e retido (Nr) nos tratamentos experimentais com suínos em crescimento.....	42
Tabela 5. Média do fósforo ingerido (Pi), excretado nas fezes (Pf), absorvido (Pa) nos tratamentos experimentais com suínos em crescimento.....	43

Desempenho e avaliação de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas

Tabela 1. Composição da dieta e valores analisados das rações experimentais de suínos na fase de crescimento.....	56
Tabela 2 Composição da dieta e valores analisados das rações experimentais de suínos na fase de terminação.....	57
Tabela 3. Médias dos teores de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido, de energia bruta, teor de fósforo e gossiol livre determinados para o farelo de algodão.....	59
Tabela 4. Desempenho dos suínos alimentados com rações contendo farelo de algodão com (CE) e sem (SE) adição de enzimas.....	60
Tabela 5. Parâmetros das características de carcaças de suínos machos castrados alimentados com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) enzimas.....	63
Tabela 6. Média dos pesos dos órgãos internos dos suínos alimentados com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) enzimas.....	66

Avaliação econômica da utilização de diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas nas dietas de suínos nas fases de crescimento e terminação.

Tabela 1. Composição da dieta e valores analisados das rações experimentais de suínos na fase de crescimento.....	76
Tabela 2 Composição da dieta e valores analisados das rações experimentais de suínos na fase de terminação.....	77
Tabelas 3. Análise econômica da produção de suínos no período total de confinamento, submetidos a dietas com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) adição de enzimas.....	79
Tabela 4. Análise econômica da produção de suínos no período anual, submetidos a dietas com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) adição de enzimas.....	80

RESUMO

Foram realizados três estudos com o objetivo de avaliar o valor nutricional e energético e o efeito da utilização de níveis crescentes de farelo de algodão com adição ou não de enzimas na dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação. No primeiro ensaio foram utilizados 18 suínos machos castrados, alojados em gaiolas metabólicas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos constituídos de uma ração referência a base de milho e soja sem enzimas e duas dietas teste com a substituição de 30% da ração referência por farelo de algodão com e sem adição de enzimas. Nesta pesquisa avaliou-se: a digestibilidade das rações através da determinação da energia digestível e dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta; balanço de nitrogênio e fósforo. Não houve efeito da adição de enzimas sobre a digestibilidade das rações. Houve redução na excreção de fósforo nas fezes, além de melhorar a sua absorção. Não foi observado melhora do balanço de nitrogênio nas dietas contendo farelo de algodão com enzimas. No segundo estudo utilizaram-se 25 suínos machos castrados alojados em boxes de alvenaria, em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos distribuídos em cinco repetições com um animal por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos de uma dieta referência sem enzima e sem inclusão do farelo de algodão, três dietas teste com a inclusão de 12,5; 25,0; 37,5% de farelo de algodão com enzimas e uma dieta teste com a inclusão de 37,5% de farelo de algodão sem enzimas. Foram avaliadas as variáveis de desempenho zootécnico: peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Também foram avaliadas as características de carcaças desses animais. A inclusão de até 37,5% do farelo de algodão com enzimas proporcionou resultados satisfatórios no desempenho destes animais. Além de fornecer bons resultados de carcaça proporcionando uma melhor viabilidade nos rendimentos dos cortes. No terceiro estudo foi realizada uma avaliação econômica quanto aos níveis de farelo de algodão utilizado com e sem adição de enzimas. Conclui-se que é viável a inclusão de até 12,5% de farelo de algodão com enzimas, proporcionando um melhor índice de lucratividade ao produtor.

ABSTRACT

It was conducted three studies to evaluate the nutritional value and energy and the effect of increasing levels of cottonseed meal with or without addition of enzymes in swine diets during the growing and finishing. In the first test, we used 18 barrows were housed in metabolic cages. The experimental design was completely randomized design with three treatments consisting of a reference diet based on corn and soybeans without enzymes and two test diets to replace 30% of basal diet for cottonseed meal with and without added enzymes. In this research we evaluated: the digestibility of rations by determining the digestible energy and digestibility of dry matter, crude protein and gross energy, phosphorus and nitrogen balance. No effect of enzyme addition on the digestibility. There was reduced excretion of phosphorus in feces, and improve absorption. There was no observed improvement in nitrogen balance in the diets containing cottonseed meal with enzymes. In the second study we used 25 barrows housed in cages of masonry, in a randomized design with five treatments over five repetitions with one animal per experimental unit. The treatments consisted of a reference diet without enzyme and without inclusion of cottonseed meal, three test diets with the inclusion of 12.5, 25.0, 37.5% cotton seed meal with enzyme and a test diet with the inclusion 37.5% cotton seed meal without enzymes. We evaluated the variables of performance, weight, weight gain, feed intake and feed conversion. Were also evaluated characteristics of animal carcasses. The inclusion of up to 37.5% of cottonseed meal with enzymes gave satisfactory results in the performance of these animals. In addition to providing good results in providing better housing in the feasibility cuts yields. In the third study, we performed an economic evaluation on the levels of cottonseed meal used with or without addition of enzymes. We conclude that it is feasible to include up to 12.5% of cottonseed meal with enzymes, providing a better indicator of profitability to the producer.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A suinocultura brasileira vem crescendo e se adequando para atender a demanda do mercado e as exigências dos consumidores, oferecendo produtos de alta qualidade por um custo acessível. O sucesso de cada produto desenvolvido depende diretamente da aceitação e preferência dos consumidores e do potencial da produção.

O aumento na produção dos suínos depende da disponibilidade de matérias-primas utilizadas na formulação das rações, tradicionalmente são utilizados o milho e o farelo de soja, que representam a principal fonte energética e proteica, respectivamente. Estes alimentos chegam a representar 70% das rações, constituindo grande parte dos custos relativos à alimentação e, conseqüentemente, dos custos totais de produção. Esses ingredientes apresentam frequentes instabilidades no mercado, no que diz respeito à oferta e custo, o que compromete a viabilidade de sua utilização nas rações para suínos.

Em virtude das constantes oscilações nos preços desses ingredientes, produtores e pesquisadores tendem a estudar e introduzir alternativas que possam substituí-los de maneira adequada e econômica de forma a atenderem as exigências dos suínos, reduzindo os custos das rações, além de manter e/ou melhorar os índices zootécnicos dos animais. Uma das alternativas que vem sendo estudada é a utilização do farelo de algodão, um subproduto da industrialização do algodão.

A área plantada de algodão no Brasil é estimada de 855,8 mil hectares. O estado de Pernambuco apresenta ampla área para produção de algodoeiro herbáceo, compreendida no Agreste e Sertão do estado (BELTRÃO, 1999). Hoje, segundo a CONAB (2009), a área plantada em Pernambuco está estimada em 3,1 mil hectares, e a produtividade do caroço de algodão fica em torno de 509 kg/ha, sendo o quinto estado maior produtor de caroço de algodão no Nordeste do país, ficando atrás da Bahia, Maranhão, Piauí e Paraíba.

O farelo de algodão tem sido avaliado como alimento alternativo, visando sua inclusão em rações para suínos nas diferentes fases de criação. O aumento da produção, aliado à variabilidade na composição nutricional e a escassez de informações sobre a utilização deste ingrediente na alimentação de suínos despertou o interesse dos pesquisadores por esse alimento.

O resíduo do algodão pode apresentar alguns fatores antinutricionais que podem ocasionar algumas interferências na sua digestibilidade e, conseqüentemente, no desempenho, por isso, é que ultimamente vem-se pesquisando a utilização de aditivos às rações, para que seja possível promover um melhor aproveitamento deste ingrediente, favorecendo um aumento no rendimento dos animais. Dentre os aditivos utilizados na alimentação animal, as enzimas exógenas destacam-se por serem proteínas que catalisam as reações químicas nos sistemas biológicos e que estão envolvidas em todo o processo metabólico do organismo animal.

Sendo assim, o farelo de algodão apresenta-se como uma alternativa para alimentação de suínos, porém, para haver um melhor resultado nesses animais, é interessante pesquisar a adição de enzimas exógenas às rações visando proporcionar um melhor aproveitamento desse ingrediente.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

1. Beneficiamento e industrialização do algodão

O algodoeiro é uma dicotiledônea da família das Malváceas. O gênero *Gossypium*, ao qual pertence, é bastante variado e inclui aproximadamente 50 espécies distribuídas em Regiões Áridas e Semiáridas dos trópicos e subtropicais (WENDEL e CRONN, 2003). É uma das plantas mais antigas, havendo registros de seu uso a mais de 4.000 anos, sendo cultivada comercialmente em mais de 65 países. Atualmente são cultivados no mundo dois tipos diferentes de algodão: o arbóreo e o herbáceo.

A cultura do algodão gera uma série de subprodutos como o caroço, a torta e o farelo, sendo largamente utilizados na alimentação de ruminantes (GONÇALVES e BORGES, 1997). O beneficiamento é uma operação realizada para separar as fibras das sementes do algodão em caroço e para eliminar a maior quantidade possível de impurezas trazidas do campo.

O farelo de algodão (FA) é o subproduto resultante da extração do óleo contido no grão do algodão (BUTOLO, 2002). Este é obtido a partir da colheita, onde é feita uma limpeza e em seguida uma secagem. Após a secagem, o algodão é colocado em uma máquina debulhadora para separação da semente das fibras. Após a remoção da pluma, o caroço de algodão é aberto, liberando o grão. Esse é esmagado para retirada do óleo por pressão hidráulica ou usando extratores químicos. O material resultante do grão esmagado é denominado “torta de algodão” e pode ser usado como tal ou processado (moído, peletizado) para uso pelos animais. Como a extração do óleo pode ser feita por esmagamento do grão ou utilização de solventes, podem ser produzidos dois tipos de farelos. O farelo de algodão, produzido por extração mecânica do óleo, tem menor teor de proteínas e maior quantidade de energia devido ao óleo residual, enquanto que o resultante da extração do óleo por solventes apresenta maior teor proteico.

2. Composição química e energética do farelo de algodão

A qualidade nutricional do farelo de algodão é modificada pelas operações no processamento (CARDOSO, 1998). As variações em termos de energia metabolizável são causadas principalmente pelo óleo residual e pela quantidade de cascas que permanecem no farelo.

O farelo de algodão é um alimento que apresenta teor elevado de fibra bruta e baixo conteúdo de energia digestível (LOPES, 2002). No entanto, a composição do farelo de algodão é altamente variável, dependendo da variedade plantada e da quantidade de cascas extraídas durante o processo, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica do farelo de algodão de acordo com informações encontradas na literatura.

Fontes	MS %	PB %	FB %	FDN %	FDA %	EE %	EB Kcal/kg
Albino et al. (1994)	89,9	27,25	16,58	-	-	2,27	4.345
Rostagno et al. (2005)	88,99	29,8	-	41,70	16,97	1,28	4.116
Santos et al. (2005)	89,1	32,1	-	28,4	17,4		4.090
Moreira et al. (2006)	91,90	36,22	-	38,69	27,18	0,77	-
Dávila et al. (2007)	89,57	38,18	13,82	33,55	22,93	0,75	4.169
Carvalho et al. (2010)	95,91	27,00	-	48,00	34,00	9,80	4.867

MS=matéria seca; PB=proteína bruta; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido; EE=extrato etéreo; EB=energia bruta

Assim, são obtidos farelos de algodão com baixos teores de fibra e altos teores de proteína quando houver separação das cascas durante o processo, sendo estes mais recomendados para utilização nas dietas de aves e suínos. E quando as cascas são pouco separadas ou muitas vezes adicionadas no final do processo são obtidos os farelos de algodão com altos teores de fibra e baixos teores de proteína; recomenda-se, então, sua utilização em dietas de ruminantes.

O farelo de algodão não apresenta um bom perfil de aminoácidos e possui um menor conteúdo de lisina digestível em relação ao farelo de soja, o que prejudica o desenvolvimento do animal, pois pode piorar a conversão alimentar, o ganho de peso, a espessura de toucinho e a percentagem do pernil, como também a área de olho de lombo desses animais (MOURA et al., 1979). Por essa razão, na década de 60, foi proposto o uso do farelo de algodão suplementado com lisina em rações para suínos, de maneira a propiciar melhor desempenho destes animais (AGUIRRE et al., 1960).

Uma das maiores limitações para utilização de subprodutos de origem vegetal nas rações de animais não ruminantes é a presença de fatores antinutricionais que podem diminuir a digestibilidade dos nutrientes, afetando o desempenho animal.

3. Gossipol

Um fator importante que deve ser observado quanto à utilização do farelo de algodão é a presença do gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$), um pigmento natural, produzido nas glândulas pigmentantes do algodão presente nas sementes, hastes e raízes da planta do algodão (KAMGA et al., 2000), sendo esse considerado tóxico para os animais não ruminantes e o homem.

A presença do gossipol juntamente com a baixa composição de aminoácidos, combinado ao menor valor nutricional da proteína, limitam a sua utilização em larga escala (PRAWIRODIGDO et al., 1997).

Todo o gossipol contido no caroço de algodão integral cru se encontra na forma livre, não ligado à proteína e prontamente absorvido após a ingestão. Durante o processamento, parte do gossipol complexa-se com a proteína, formando o gossipol ligado. A lisina parece ser o principal aminoácido que se liga ao gossipol livre, tornando-a indisponível ao animal. A toxicose é primariamente atribuída à forma livre, entretanto, existem especulações de que a forma ligada possa ser convertida à forma livre no trato gastroentérico (KERR, 1989).

Níveis elevados de gossipol livre (acima de 100 ppm) provocam efeitos tóxicos e antinutricionais para animais não ruminantes. O gossipol pode causar nesses animais anormalidades nas organelas celulares, interferir nos processos bioquímicos, inibir a atividade de várias enzimas (BEAUDOIN, 1985), reduzir a capacidade carregadora de oxigênio no sangue e, portanto, provocar respiração curta e edema dos pulmões (ALFORD et al., 1996), além de afetar o sistema reprodutivo e a esteroidogênese de machos não ruminantes (ARSHAMI & RUTTLE, 1988; CHASE et al., 1990). A intensidade de seu efeito tóxico varia de acordo com o nível de consumo, o período de consumo e a idade do animal (GAMBOA et al., 2001).

Os efeitos tóxicos são cumulativos e a morte de suínos pode ocorrer após quatro a oito semanas de uso de altos níveis de inclusão de farelo de algodão com elevados níveis de gossipol livre. 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). Também são utilizados elevados níveis de proteína na ração, assim como a suplementação da mesma com lisina sintética, ao qual irá proporcionar grupos aminas livres para se complexarem com o gossipol livre (POLINUTRI ALIMENTOS, 2003).

4. Utilização do farelo de algodão pelos suínos

Os suínos são animais não ruminantes onívoros que possuem o trato digestivo relativamente pequeno, com baixa capacidade de armazenamento. Tem alta eficiência na digestão dos alimentos e no uso dos produtos da digestão, necessitando de dietas bastante concentradas e balanceadas.

O aparelho digestivo do suíno é composto por boca, esôfago, estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso (ceco, cólon e reto) e ânus. O ceco dos suínos é volumoso e o cólon saculado. A mucosa do intestino grosso é praticamente desprovida de vilosidades, possuindo grande número de glândulas produtoras de mucos, que são estimuladas pelo conteúdo do intestino grosso (BERTECHINI, 1998). O ceco e o cólon apresentam características essenciais ao crescimento bacteriano, como temperatura, ausência de oxigênio e pH, além de quantidades consideráveis de nutrientes.

Para que ocorra um melhor aproveitamento dos alimentos ricos em fibras na alimentação de suínos, é necessário um maior conhecimento da composição destas fibras, assim como a sua propriedade físico-química (MEDEIROS, 1999). Considerando a nutrição de suínos, o termo *fibra* pode ser entendido como a soma da lignina com os polissacarídeos não digeridos pelas secreções endógenas do trato gastrointestinal, conforme sugerido por Van Soest et al. (1991).

Resultados encontrados na literatura mostram que os suínos digerem melhor a hemicelulose do que a celulose (KEYS et al., 1970), sendo a lignina altamente indigestível, o que provavelmente dificulta a degradação de outros componentes da parede celular, através da proteção física ou ligação química (VAN SOEST et al., 1991).

A fibra, por sua vez, reduz a concentração energética da ração (KING e TAVERNER, 1975). Por essa razão, alimentos fibrosos podem afetar o consumo alimentar. Porém, a fibra também exerce um papel importante na regulação do trânsito

intestinal, sendo assim, a digestibilidade fecal da matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e energia diminuem com sua inclusão na ração.

Em trabalho experimental com fêmeas suínas em gestação, Haught et al. (1977) evidenciaram que o farelo de algodão pode substituir o farelo de soja em até 50% nas rações para esta fase.

Segundo Cooper et al. (1979), à medida que se aumentam os níveis de inclusão do farelo de algodão, este afeta o ganho de peso dos suínos. O mesmo foi presenciado por Viana et al. (1976), quando trabalharam com níveis de 12 a 17% de inclusão do farelo de algodão.

Moura et al. (1979) avaliaram o efeito de cinco níveis de substituição do farelo soja pelo farelo de algodão nas fases de crescimento e terminação, sendo 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição. Os autores observaram um efeito negativo para o ganho de peso dos animais, conforme o aumento dos níveis de farelo de algodão. Logo, concluíram que até 50% de inclusão do farelo de algodão obtiveram resultados similares.

Em estudos com suínos em crescimento e terminação, Aherne & Kennelly (1984) verificaram que 10% de farelo de algodão poderiam ser incorporados na ração sem reduzir o desempenho. Por outro lado, Ricon et al. (1978) trabalharam com suínos em terminação verificaram que a troca de farelo de soja por farelo de algodão cru na variação de 20 a 80% da proteína da ração não causou nenhum efeito negativo no desempenho dos animais.

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

Pesquisas com não ruminantes (PEIXOTO e MAIER, 1993) recomendam, em geral, usar a torta de algodão em até 5% de substituição ao farelo de soja, enquanto que Furlan (1995) recomenda como nível máximo de 10% de farelo de algodão na ração.

Li et al. (2000) verificaram que a adição de níveis crescentes de farelo de algodão para suínos em crescimento-terminação diminuiu o ganho de peso diário e piorou a conversão alimentar, mas que não teve influência no consumo diário de ração, sugerindo que a inclusão seja de até 8%.

Paiano et al. (2006), afirmam que ao trabalharem com dois tipos de farelo de algodão, ou seja, com 36 e 42% de PB na alimentação de leitões na fase inicial, não houve diferença entre os coeficientes de digestibilidade para os farelos estudados, entretanto, numericamente os resultados foram superiores para o farelo com 42% de PB.

Para estudar a substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão, Moreira et al. (2006), utilizando um farelo de algodão com 36% de PB para leitões na fase inicial e com três diferentes níveis de substituição (0, 8 e 12%), observaram que até o último nível não prejudicou o desempenho desses animais.

Já Nascimento (2009), ao trabalhar com dois níveis de inclusão (20 e 30%) de farelo de algodão para suínos na fase crescimento, observou que o nível de 30% foi o mais adequado para estimar a digestibilidade de energia e extrato etéreo, sendo o teor de energia digestível de 2490 kcal/kg. A inclusão de 30% do farelo de algodão nas rações nas fases de crescimento e terminação não afetaram as características de ganho de peso e consumo.

5. Enzimas

As enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas nesse processo (CHAMPE e HARVEY, 1989; FIREMAN e FIREMAN, 1998). São moléculas de natureza proteica que catalisam reações químicas. Nessas reações, as enzimas atuam sobre moléculas denominadas substratos, aos quais se convertem em moléculas diferentes denominadas *produtos*.

As enzimas comercialmente produzidas são provenientes, geralmente, de bactérias do gênero *Bacillus* ou fungos do gênero *Aspergillus* (FIREMAN e FIREMAN, 1998). A enzima adicionada ao alimento seco só é ativada no trato digestivo quando misturada aos fluidos digestivos e sob a temperatura corporal (ROTTER, 1990). Sua ação máxima ocorre no estômago e porção inicial do intestino delgado, especificamente no duodeno (JONGBLOED e LENIS, 1992).

Alguns fatores interferem no modo de ação das enzimas, tais como a temperatura, por aumentar a velocidade da reação em função da maior energia cinética

quando da ligação das suas moléculas com o substrato; e o pH, o qual interfere na velocidade das reações químicas.

Desse modo, as enzimas são empregadas na nutrição dos animais como aditivos alimentares, objetivando suplementar a atividade digestiva endógena do animal, favorecendo a disponibilidade de absorção de certos alimentos e aumentando o valor energético de ingredientes de menor custo (WALSH et al., 1993).

Existem trabalhos que definem a utilização das enzimas como: complementar as enzimas que são produzidas pelo animal em quantidades insuficientes e fornecer aos animais enzimas que eles não conseguem sintetizar.

Nos animais não ruminantes ocorre a hidrólise dos alimentos por meio de enzimas, fazendo com que partículas maiores dos nutrientes sejam desdobradas em porções menores, tornando possível serem absorvidos pelo intestino delgado.

A adição de enzimas que degradam a fibra pode romper a parede celular, permitindo que as enzimas endógenas liberem os nutrientes presentes no interior dos grãos, aumentando a metabolização da energia e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais (GRAHAM, 1996; BEDFORD, 2000). Dos vários benefícios da ação das enzimas exógenas adicionadas às rações de suínos, destacam-se: efeitos sobre a parede celular das fibras, provocando sua ruptura; redução da viscosidade intestinal provocados pelos polissacarídeos não-amiláceos; eliminação dos fatores antinutricionais dos grãos; aumento do potencial digestivo da ração; enriquecer as enzimas endógenas e reduzir a poluição ambiental causada pelos nutrientes eliminados pelas fezes dos animais (CANTOR, 1995).

Nem sempre a suplementação com enzimas digestivas proporciona resposta positiva, pois para as enzimas atuarem são necessários substratos específicos na dieta, dosagem correta de enzimas, capacidade das enzimas para ultrapassar barreiras no estômago, com o pH baixo, ação de enzimas proteolíticas, como a pepsina, e o processamento a que o alimento é submetido (PENZ JR., 1998), pois as enzimas aceleram reações químicas extraordinariamente, atuam em seqüências organizadas, catalisando centenas de reações que degradam passo a passo as moléculas dos nutrientes (LENHNINGER, 2002).

Em suínos e aves são utilizadas, principalmente, as enzimas: xilanase, β -glucanase, pectinase, celulase, protease, amilase, fitase, galactosidase e lipase, e cada uma atua em um substrato específico; as proteases quando adicionadas às dietas têm

como alvo a degradação de fatores antinutricionais; as carboidases adicionadas às rações com níveis elevados de PNAs solúvel levam à diminuição na viscosidade do quimo; as fitases, têm a capacidade de degradar o ácido fítico, liberando parte do fósforo e outros minerais que se encontravam quelatado a esta molécula. Alguns ingredientes utilizados em dietas para animais, como o triticale, o trigo, o centeio, o algodão e a cevada não são bem aproveitados por apresentarem significativa fração fibrosa, os polissacarídeos não-amiláceos estruturais, que não é hidrolisada pelas enzimas digestivas desses animais (FURLAN et al.,1997).

A utilização de enzimas exógenas surgiu como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes alimentares que possuam baixos coeficientes de digestibilidade e apresentam significativa fração de polissacarídeos não-amiláceos estruturais e/ou fatores antinutricionais, que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas dos suínos (FURLAN et al., 1997), diminuindo, assim, a viscosidade da dieta (GRANHAM, 1996).

5.1 Protease

As proteases potencializam o uso de proteínas pouco disponíveis ou proteínas com fatores antinutricionais (CLASSEN, 1996). Quando as proteínas não são bem aproveitadas ocorre uma alta excreção de nitrogênio, ocasionando desperdício de um nutriente com custo elevado e com efeito poluente. Proteases referem-se a um grupo de enzimas que tem por função hidrolisar as proteínas, sendo elas muito importantes na digestão; realizam partição das cadeias de peptídeos das proteínas dos alimentos, para liberar os aminoácidos necessários ao corpo do animal.

A protease é capaz de hidrolisar quase todos os tipos de proteínas, exceto as componentes das células vivas, pois são protegidas contra a lise por um mecanismo inibidor. As proteases quebram as proteínas não digeridas, restos celulares e toxinas no sangue, poupando o sistema imunológico desta tarefa, podendo desta forma concentrar sua ação sobre invasões de microorganismos (ENZYME ESSENTIALS, 2006).

5.2 Fitase

Fitase é a classe enzimática que tem a utilização mais difundida na nutrição de não ruminantes, sendo comercializada a partir de 1991 (SELLE e RAVINDRAN,

2007). No mercado, o uso de fitase é consolidado tendo um fortalecimento maior devido às alterações da disponibilidade e preços das fontes de fósforo para alimentação dos animais e ao aumento do custo de outras matérias-primas como o milho e farelo de soja.

Nos vegetais cerca de 2/3 do fósforo (P) encontram-se ligados aos fitatos e, em geral, seriam suficiente para atender as funções essenciais dos suínos, não fosse sua baixa disponibilidade, variando de 15 a 50% dependendo do vegetal. A fitase aumenta a liberação de fósforo presente no ácido fítico, reduz a ação antinutricional do fitato e auxilia o organismo na eliminação dos fatores que dificultam a absorção de nutrientes necessários para o seu desenvolvimento e saúde, o qual diminui sua digestibilidade, sendo eliminado nas fezes. Assim, há necessidade de se suplementar fósforo através de fontes inorgânicas para atender às exigências para máximo desempenho (COWIESON, ACAMOVIC e BEDFORD, 2004)

A fitase é a classe enzimática que tem a utilização mais difundida na nutrição de não ruminantes. Por isso, a adição de fitases exógenas às dietas serve para disponibilizar o fósforo orgânico presente nos vegetais. Estas enzimas possuem a propriedade de romper a ligação do fósforo orgânico ligado aos sais de ácido fítico, tornando-o disponível biologicamente nas formas de inositol e ortofosfato. Além de disponibilizar fósforo, a adição de fitase em ração de suínos interfere no fluxo biológico deste ingrediente do trato gastrintestinal para os ossos e dos ossos e tecidos moles para o trato intestinal de suínos (SELLE et al., 2006).

A fitase pode ser utilizada como estratégia adicional para que ocorra um maior aproveitamento do fósforo nos alimentos de origem vegetal (ROSTAGNO et al., 2008), gerando, assim, uma questão econômica, pois com a liberação do fósforo ocorre um aumento da digestibilidade de aminoácidos e a metabolizabilidade da energia, que propicia a produção de uma ração com um custo inferior, além de aumentar a disponibilidade de fósforo, fazendo com que haja redução na excreção deste elemento para o ambiente (SANTOS, 2009).

A capacidade de hidrolisar o fitato no trato digestivo dos animais monogástricos pode ser influenciada por vários fatores, entre os quais se destacam a variação do pH, da umidade, da temperatura, a presença de certos minerais, como o cálcio e de outras enzimas, além do tempo de passagem da digesta. Ludke et al. (2000) observaram redução na absorção aparente do fósforo quando os níveis de cálcio

aumentaram de 5 para 8g/kg. Assim, para o desarranjo máximo do fitato é necessário que os níveis de cálcio mantenham uma relação de Ca:P total entre 1,7:1 e 3:1 (BEERS e JONGBLOED 1992).

6. Enzimas na alimentação de suínos

No organismo animal, os níveis de enzimas digestivas são influenciados pela idade do animal e pelo tipo de alimento. Os suínos são animais que apresentam baixa capacidade de digerir alguns nutrientes e, por isso, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar a adição de enzimas às rações e seus efeitos sobre a digestibilidade desses nutrientes das dietas.

No processo digestivo os suínos utilizam as enzimas para digestão do alimento; contudo, essas que são produzidas pelo organismo animal não são totalmente eficientes. A adição de enzimas exógenas nas rações pode aumentar a eficiência da digestão (HANNAS e PUPA, 2003) e os resultados obtidos até o momento sobre a utilização de algumas enzimas exógenas para os diversos tipos de substratos na alimentação de suínos, nas diversas fases de criação, são muito controversos.

A utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos tem sido pesquisada com o objetivo não somente de aumentar o aproveitamento dos alimentos, favorecendo a hidrólise de fatores antinutricionais e polissacarídeos não amiláceos (CHESSON, 1987; FURLAN et al., 1997), mas também reduzir a viscosidade da digesta (GRAHAM, 1996). Assim, para melhorar o valor nutritivo das dietas formuladas com cereais de baixa viscosidade, sugere-se que o uso de complexos enzimáticos seja mais efetivo por atuarem sobre polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando a um maior aproveitamento da dieta.

Nery et al. (2000), ao avaliarem a digestibilidade de nutrientes para suínos na fase inicial (10 a 30 kg), utilizando dietas contendo milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas, sendo ela isolada ou em forma de complexo (amilase, lipase e protease), obtiveram melhores coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, independente do uso separado das enzimas ou em forma de complexo. Também concluíram que não houve efeito da adição das enzimas sobre o consumo diário de ração e nem sobre o ganho de peso; por outro lado, a adição de protease melhorou a conversão alimentar.

Tenório Fireman et al. (2000) avaliaram o desempenho de suínos alimentados com 50% de farelo de arroz integral com enzimas (fitase e celulase) e verificaram efeito sobre o consumo de ração, já que o farelo de arroz não é um ingrediente palatável, logo, houve diferença para o ganho de peso. No entanto, ao analisar o tratamento com o uso de enzimas, esses não apresentaram influência nos parâmetros zootécnicos.

Em rações formuladas com milho e sorgo com suplementação enzimática (xilanase, amilase, β -glucanase e pectinase), Rodrigues et al. (2002) não observaram diferença significativa para digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, energia digestível e energia metabolizável; ao avaliarem, ainda, o desempenho desses animais, eles também comprovaram que utilizando ou não enzimas as respostas foram semelhantes.

Hauschild et al. (2004), ao utilizarem trigoilhho na dieta de suínos, com e sem uso de enzimas, observaram que o uso das enzimas não afetou o balanço de fósforo, a digestibilidade de energia e matéria seca, além de não afetar o balanço de nitrogênio.

Teixeira et al. (2005) trabalhando com três níveis (0,2; 0,4; 0,6%) de um complexo enzimático, contendo amilase, celulase e protease, adicionados a rações composta por milho, farelo de soja e soro de leite em pó, para leitões do 28 aos 45 dias de idade, observaram um aumento linear no ganho de peso e no consumo de ração com aumento nos níveis do complexo.

Em outro trabalho utilizando diferentes níveis de triticales na dieta (0, 30 e 60%) com e sem adição de enzimas, Hauschild et al. (2008) constataram que não houve diferença significativa no coeficiente de digestibilidade da matéria seca, no fósforo, na energia bruta, na energia metabolizável, na energia digestível e no balanço de nitrogênio, mas obtiveram uma melhora no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta.

Moreira et al. (2009) trabalhando com suínos na fase inicial e avaliando o efeito do complexo enzimático (α -galactosidase, β -glucanase, galactomananase e xilanase) em rações com casca de soja, verificaram que não houve efeito significativo na digestibilidade deste ingrediente, porém melhorou a conversão alimentar dos leitões.

Pascoal et al. (2010) utilizando 20% de inclusão de farelo de coco as dietas com diferentes níveis de suplementações enzimáticas (0,05 e 0,10%) na alimentação

de suínos em crescimento, avaliaram que a inclusão do farelo de coco com suplementação enzimática não demonstrou diferença significativa no ganho de peso e no consumo.

7. Considerações Finais

O farelo de algodão é uma alternativa para produtores de suínos, mas por apresentar uma deficiência em aminoácidos essenciais associado à presença de fatores anti-nutricionais, a sua utilização em larga escala se torna restrita aos animais não ruminantes. Portanto, torna-se necessária a utilização de aditivos que possam proporcionar uma melhor capacidade de digestão desse ingrediente, melhorando sua qualidade nutricional.

Porém, a utilização de enzimas em rações não é somente uma forte tendência empírica, mas uma realidade para a suinocultura nacional, em função dos benefícios econômicos, nutricionais e ambientais. A utilização das enzimas tende a promover um melhor aproveitamento dos nutrientes contidos nos ingredientes e uma redução na excreção dos nutrientes presentes nas excretas pelos animais.

Entretanto, os dados de pesquisas ainda não dão sustentabilidade ao uso destes produtos. Dessa forma, ainda são necessários estudos para se conhecer com exatidão o potencial das enzimas na alimentação de suínos, principalmente com a utilização do farelo de algodão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, A.; WALLAGE, H. D.; COMBS, G. E. Effects of lysine supplementation of high-gossypol cottonseed oil meal rations for baby pigs. **Journal of Animal Science**, v.19, p.1246. 1960.
- AHERNE, F. X.; KENNELLY, J. J. Oilseed meals for livestock feeding. **Recent development in pig nutrition**, p.278-315, 1984.
- ALBINO, L. F. T.; BRUM, P. A. R.; FIALHO, F. B.; PAIVA, G. J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excretas na determinação de energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.3, p. 467-473, 1994.
- ALFORD, B.B.; LIEPA, G.U.; VAN BEBER, A. D. Cottonseed protein, what does the future hold. **Plant Food Human Nutrition**, v. 49, n.1, p.1-11, 1996.
- ARSHAMI, J.; RUTTLE, J. L. Effects of diets containing gossypol on spermatogenic tissues of young bulls. **Theriogenology**, v. 30, p.507-519, 1988.
- BALOGUN, T.F.; ADUKU, A.O.; DIM, N.I. Uncorticated 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.
- BEAUDOIN, A. R. The embriotoxicity of gossypol. **Teratology**, v.32, p.251-257, 1985.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. **Animal Feed ScienceTechnology**. v. 86, p. 1-13, 2000.
- BEERS, S.; JONGBLOED, A. W. Effect Aspergillus niger phytase in diets for piglets on their performance and apparent digestibility of phosphoru. **Animal Production**, v. 55, n. 3, p. 425-430, 1992.
- BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v. 1, p. 211-222. 1999.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. p. 273. 1998.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. p. 430. 2002.
- CANTOR, A. **Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil**. In: Ronda Latino Americana de Biotecnologia, p.31-42. 1995.
- CARVALHO, C.B.; DUTRA JUNIOR, W. M.; RABELLO, C.B.; LIMA, S. B. P.; TAKATA, F. N.; NASCIMENTO, G. R. Avaliação nutricional do farelo de algodão de alta energia no desempenho produtivo e características de carcaças de frangos de corte. **Revista Ciência Rural**. v. 40, n. 5. p.1166-1172. 2010

CARDOSO, E. G. Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal. In: Algodão – Informações técnicas. Cap. 16, p. 255-267. EMBRAPA-CPAO, circular técnica. 1998.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R. A. **Enzimas**. In: Bioquímica Ilustrada. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas, p. 53-66. 1989

CHASE Jr. C. C.; ARSHAMI, J.; RUTTER, J. L. Histological characteristics of testes from Brahman bulls fed diets containing gossypol. **Journal Animal Science**, v.68, n. 1, p.14. 1990.

CHESSON, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. In: GARNSWORTHY, P. C.; HARESIGN, W.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. p. 71-89 1987.

CHIBA, L.I. Protein supplements In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. p.803-837. 2001.

CLASSEN. H. Enzymes in action. **Feed Mix**. v. 4, n. 2, 1996.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento)
<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/6BA20Levantamento20de20AvaliaE7E320de20Safr.pdf> (acessado em 25/03/09). 2009.

COOPER, R. G.; LENNON, A. M.; TRIBBLE, L. F. LPC cottonseed flour as a protein source for swine. **Journal of Animal Science**, v.48, n.5, p1216-1222, 1979.

COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T. E BEDFORD, M.R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and mineral from boilers and chickens. **British Poultry Science**, v. 45, p. 101-108, 2004;

DÁVILA, N. F. P.; GOMES, A. V. C.; PESSÔA, M. F.; CRESPI, M. P. L.; COLL, J. F. C.; Substituição do farelo de soja por farelo de algodão na alimentação de coelhos em crescimento. **Acta Science Animal Science**. v. 29, n. 3, p. 277-282. 2007.

ENZYME ESSENTIALS. **The Importance of Protein**. Disponível em:
<<http://www.enzymeessentials.com/HTML/protease.html>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2010. 2006.

FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Revista Ciência Rural**. v.8, n.1, p.173-178, 1998.

FURLAN, A. C. Classificação dos alimentos: Universidade Estadual de Maringá, (Apostila didática de Alimentos e Alimentação). 1995.

FURLAN, A. C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, A. E. Utilização de complexo multienzimático em dietas de frangos de corte contendo triticale. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 759-764, 1997.

GAMBOA, D. A.; CALHOUN, M. C.; KUHLMANN, S. W.; HAQ, A. U.; BAILEY, C.A. Use of expanded cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible amino acid basis. **Poltry Science**. v. 80 n. 6, p.789-94. 2001.

GRAHAM, H. Mode de action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains, In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas, p. 60-69. 1996

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Alimentos e alimentação de gado de leite**. Boletim, p.21-22. 1997.

HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R. Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. **Revista PorkWorld**. Ano 2, n.13, p.48-51, 2003.

HAUGHT, D. G.; TANKSLEY JR. T. D.; HESBY, J. H. E GREEGG, E. J. Effect of protein restriction and cottonseed meal in sorghum based diets on swine reproductive performance and progeny development. **Journal Animal Science**, v. 44 p. 249-256. 1977.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; GARCIA, G. G.; SOUZA JUNIOR, B. B.; ALEBRANTE, L.; SARTOR, C. Digestibilidade, balanços do nitrogênio e fósforo de dietas para suínos contendo diferentes níveis de trigoilho em substituição ao milho com ou sem adição de enzimas. **Revista Ciência Rural**. v. 34, n. 5, p. 1557-1562. 2004.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; LEHNEM, C. R.; CARVALHO, A. A.; ALEBRANTE, L. Utilização do triticale e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 60, n. 2, p. 470-476. 2008.

JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. **Livestock Production Science**, v.31, p. 75-94, 1992.

KAMGA, R; Kayem, G. J; Rouxhet, P.G. Adsorption of gossypol from cottonseed oil on oxides. **Journal of Colloid and Interface Science**. v. 232, p. 198-206, 2000.

KERR, L. A. Gossipol toxicosis in cattle. **Compendy Continuous Education Practy. Veterinary**. v.15, n.9, p.1139-1146, 1989.

KEYS, J. E.; VAN SOEST, P. J.; YOUNG, E. P. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulose in swine and rats. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 6, p. 1172-1177. 1970.

KING, R. H.; TAVERNER, M. R. Prediction of the digestible energy in pig diets from analyses of fiber contents. **Animal Production**, v. 21, n. 3, p. 275-284. 1975.

LENHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica 3** ed. São Paulo : Savier, p. 975. 2002.

LI, D.; XU, X. X.; QIAO, S. Y.; ZHENG, C. T.; CHEN, Y.; PIAO, X. S.; HAN, K.; THACKER, P. 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.

LOPES, J. B. Alimentos alternativos regionais para suínos. I Congresso Nordestino de Suinocultura-ABRAVES. **Anais**. Fortaleza, p.28-33. 2002.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; BRUM, P. A. R.; LUDKE, J. V. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5 p. 1402-1413, 2000

MEDEIROS, S. L. S.; SANTIAGO, G. S. Fibra – Composição química e seu efeito na nutrição de suínos. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, n. 26, p. 15-21. 1999.

MOREIRA, I.; SARTORI, I. M.; PAIANO, D.; MARTINS, R. M.; OLIVEIRA, G. C.; Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**, v. 35, n.3, p. 1077-1084. 2006.

MOREIRA, I.; MOURINHO, F. L.; OLIVEIRA, P. L.; PAIANO, D.; PIANOS, L. M.; KURODA JUNIOR, I. S. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**, v.38, n.12, p. 2408-2416 2009.

MOURA, M. P. LAVORENTI, A. Efeito de níveis crescentes de farelo de algodão sobre a performance e características de carcaça de suínos em crescimento e acabamento. **B. Indústria Animal**, v. 36, n.1 p. 23-48, 1979.

NASCIMENTO, C. L. M. M. **Valor nutricional e energético do farelo de Algodão de alta energia® em rações para suínos**. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 65p. 2009.

NERY, V. L. H.; LIMA, J. A. F.; MELO, R. C. A.; FIALHO, E. T. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 794-802, 2000.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVA, M.A.A. et al. Farelos de algodão com diferentes níveis de proteína na alimentação de suínos na fase inicial – Digestibilidade e desempenho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v.28, n.4, p.415-422, 2006.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; LAMENHA, M. I. A.; WATANABE, P. H.; MIRANDA, C. C.; SILVA, L. P. G.; ARAÚJO, D. M. Inclusão de farelo de coco em dietas para suínos em crescimento com ou sem suplementação enzimática. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 11, n.1, p.160-169. 2010.

PEIXOTO, R.R.; MAIER, J.C. **Aditivos**. In: Nutrição e alimentação animal. 2.ed. Pelotas: EDUCAT/UFPel, p.125-130. 1993.

PENZ Jr., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 198, Botucatu. Simpósio sobre aditivos na produção de ruminantes e não-ruminantes. **Anais**. p. 165-178. 1998.

POLINUTRI ALIMENTOS Farelo de Algodão: Utilização para Suínos e Aves. Disponível em: www.polinutri.com.br. Acesso em: 17/09/09. 2003.

PRAWIRODIGDO, S. E. S.; BATTERHAM, L. M.; ANDERSEN, F. R.; DUNSHEA, D. J.; Nitrogen retention in pigs given diets containing cottonseed meal or soybean meal. **Animal Feed Science Technology**, v. 67, p. 205-211. 1997.

RICON, R.; SMITH, F. H.; CLAUSON, A. J. Detoxification of gossypol in raw cottonseed and the use of raw cottonseed meals as a replacement for soybean meal in diets for growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science, Savoy**, v.47, n.2, p.865-872, 1978.

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; GONÇALVES, T. M. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira e Milho e Sorgo**. v.1, n.2, p.91-100. 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., FERREIRA, A. S., BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**, 2ª ed, Viçosa UFV. p. 186. 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; SALGUERO, S.; BUNZEN, S. **Recentes avanços na nutrição de suínos**. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. 2008.

ROTTER, B. A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information**, v. 11, n. 1, p. 15-17, 1990.

SANTOS, Z. A. S., FREITAS, R. T. F., FIALHO, E. T., RODRIGUES, P. B., LIMA, J. A. F., CARELLOS, D. C., BRANCO, P. A. C., CANTARELLI, V. S. Valor Nutricional de Alimentos para Suínos Determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência Agrotecnológica**. v. 29, n. 1, p. 232-237, 2005.

SANTOS, T.T. **Utilização de Fitase na Suinocultura**. Disponível em: http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/nutricao/artigos/utilizacao-fitases-suinocultura_153.htm. Acessado em: 18 de dezembro de 2009. 2009.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; SCOTT, T. Influence of dietary phytate and exogenous phytase on amino acid digestibility in poultry: a review. **Journal of Poultry Science**, v. 43, p. 89-103, 2006;

SELLE, P.H; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135 p. 1-41, 2007;

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; FERREIRA, V. P. A.; PENA, S. M.; NOGUEIRA, E. T.; MOREIRA, J. A.; BÜNZEN, S.; NERY, L. R. Utilização de Enzimas Exógenas em Dietas com Diferentes Fontes e Níveis de Proteína para Leitões na Fase de Creche. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**, v.34, n.3, p.900-906, 2005

TENORIO FIREMAN, F. A.; LÓPEZ, J.; KYONARA BARBOSA, A.; TENÓRIO FIREMA, A. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e celulase. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. v. 8, n. 1, p. 18-23. 2000.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597. 1991.

VIANA, S. P.; de CARVALHO, J. P.; de FARIA, J. J. B., et al. Emprego de farelo de algodão em rações para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13, Salvador, BA, **Anais...**, p. 180 – 181, 1976.

WALSH, G. A.; POWER, R. F.; HEADON, D. R. Enzymes in the animal feed industry. **Trends in Biotechnology**, v. 11, n. 10, p. 946-957, 1993.

WENDEL, J. F.; CRONN, R. C. Poliploidy the evolutionary history of cotton. **Advances in Agronomy**, v.78, p. 139- 186. 2003.

CAPÍTULO II

Digestibilidade do farelo de algodão com ou sem adição das enzimas
protease e fitase na alimentação de suínos

* Artigo elaborado de acordo com as normas da *Acta Scientiarum. Animal Sciences*.

Digestibilidade do farelo de algodão com ou sem adição das enzimas protease e fitase na alimentação de suínos

Resumo. A grande dificuldade na produção de suínos é a alimentação, pois o milho e o farelo de soja são ingredientes com grande instabilidade de preços e com isso muitos produtores tendem buscar substitutos, visando manter a produção. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a digestibilidade do farelo de algodão com ou sem adição de enzimas (fitase e protease) para suínos em crescimento. Foram utilizados 18 leitões machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com padronização do peso vivo (PV) com média de $25,8 \pm 3,6$ kg, com três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram em uma dieta referência à base de milho e farelo de soja, o segundo tratamento com substituição de 30% da dieta referência por farelo de algodão sem enzimas, e o terceiro com substituição de 30% da dieta referência por farelo de algodão com adição de enzimas. Foram determinadas a proteína digestível, energia digestível, coeficiente de digestibilidade da matéria seca, da energia e da proteína. Também foi observado o balanço de nitrogênio e fósforo. O uso do farelo de algodão com adição de enzimas em dietas para suínos em crescimento não afetou os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, energia bruta e proteína bruta; porém contribuíram com a redução do fósforo excretado nas fezes e melhorou sua absorção. Não foi observado melhora do balanço de nitrogênio nas dietas contendo farelo de algodão com enzimas.

Palavras-chaves: alimento alternativo, complexo enzimático, metabolismo, não ruminantes

Digestibility of cottonseed meal with or without added enzyme protease and phytase in swine diets

Abstract. The great difficulty in swine production is the food, because corn and soybean meal are ingredients that present great instability on prices and because of that many farmers tend to seek substitutes in order to maintain production. This study aimed to evaluate the digestibility of cottonseed meal with or without addition of enzymes (phytase and protease) for growing pigs. It was used 18 barrows, housed in metabolism cages, distributed in a completely randomized design, standardizing body weight (bw) with average of 25.8 ± 3.6 kg, there were three treatments and six repetitions. The treatments consisted of a reference diet based on corn and soybean meal, the second treatment with replacement of 30% of the reference diet by cottonseed meal without enzymes, and the third place with 30% of the reference diet by cottonseed meal with added enzymes. We determined the digestible protein, digestible energy, digestibility of dry matter, energy and protein. It was also noted the balance of nitrogen and phosphorus. The use of cottonseed meal with the addition of enzymes in diets for growing pigs did not affect the digestibility of dry matter, gross energy and crude protein, but contributed to the reduction of phosphorus excreted in the feces and improved absorption. There was no observed improvement in nitrogen balance in the diets containing cottonseed meal with enzymes.

Keywords: alternative feed, digestibility, enzyme complex, pigs

Introdução

Os frequentes períodos de instabilidade, principalmente em razão dos altos preços dos ingredientes que compõem as rações, contribuem para a necessidade de introdução de ingredientes alternativos que possam solucionar e proporcionar melhoria na qualidade da carne e uma redução no preço da produção (TRINDADE NETO et al., 1995).

Nesta busca por ingredientes alternativos, o Brasil se destaca por ser o quinto maior produtor de algodão, apresentando uma área cultivada de 855,8 mil hectares (CONAB, 2009).

O farelo de algodão, um subproduto da industrialização do algodão, obtido a partir da descorticação do caroço após a extração do óleo, vem sendo avaliado como alimento alternativo ao farelo de soja, visando sua inclusão em rações para suínos nas diferentes fases de criação (MOREIRA et al., 2003; PAIANO et al., 2006).

No entanto, a composição do farelo de algodão é altamente variável dependendo da espécie plantada e da quantidade de cascas extraídas durante o processo. Trata-se de um alimento que apresenta teor elevado de fibra bruta e baixo conteúdo de energia digestível (LOPES, 2002), sendo restrito na dieta de suínos e aves. Outra explicação para restrição do farelo de algodão é a presença do gossipol, um pigmento natural, porém tóxico para os animais não ruminantes, produzido nas glândulas pigmentantes do algodão presente na planta do algodão (BARBOSA; GATTÁS, 2004).

A utilização do farelo de algodão pode diminuir os custos com as rações, mas por outro lado, por ser menos digestível que a soja e apresentar quantidades variáveis de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs), podem causar efeito negativo no consumo e, contudo, alterações fisiológicas, fazendo com que a utilização dos nutrientes seja alterada (LI et al., 1996). Esses PNA's são resistentes à hidrólise no trato digestivo do animal não ruminante, podendo representar dois problemas: reduzir a quantidade de energia para o animal e interferir na utilização de outros nutrientes da dieta. Tais fatos ocorrem por estes animais não sintetizarem as enzimas necessárias para digestão de determinados compostos (GRAHAM, 1996; SOTO-SOLANOVA, 1996).

A inserção de aditivos na ração com a finalidade de melhorar o aproveitamento dos alimentos como, por exemplo, a utilização de enzimas exógenas nas rações, tem como objetivo potencializar a ação das enzimas endógenas do suíno e,

consequentemente, aumentar a digestibilidade dos nutrientes dos componentes da dieta (INBOOR, et al., 1993).

A utilização de enzimas exógenas (amilase, protease, lipase, fitase etc) surgiu como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes que possuem baixos coeficientes de digestibilidade e apresentam significativa fração de polissacarídeos não-amiláceos estruturais e/ou fatores antinutricionais, que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas dos suínos (FURLAN et al., 1997), diminuindo, assim, a viscosidade da dieta (GRANHAM, 1996, PETERSON; AMAN, 1989).

As enzimas, por sua vez, são proteínas globulares, de estrutura terciária e quaternária, que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas no organismo, sem serem elas próprias alteradas neste processo (CHAMPE; HARVEY, 1989).

Dados da literatura têm mostrado resultados favoráveis quanto ao uso de complexos enzimáticos em dietas para suínos utilizando diferentes ingredientes, os quais promovem melhoria no coeficiente de digestibilidade e na qualidade da carcaça destes animais, além de diminuir o impacto ambiental (HURTADO NERY et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2005; HAUSCHILD et al., 2008; PASCOAL et al., 2008). Porém, alguns autores não obtiveram respostas positivas ou satisfatórias ao avaliar estes parâmetros (TENÓRIO FIREMAN et al., 2000; RODRIGUES et al., 2002; HAUSCHILD et al., 2004; PASCOAL, et al., 2010).

Logo, o emprego de enzimas pode ser efetuado visando complementar a síntese de enzimas endógenas do animal ou fornecer enzimas não produzidas pela espécie suína para degradar compostos específicos de ingredientes de origem vegetal. Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o efeito da suplementação de enzimas em rações formuladas com farelo de algodão sobre a digestibilidade dos nutrientes de suínos nas fases de crescimento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Digestibilidade do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE. Foram utilizados 18 suínos mestiços (LD x LW), machos castrados, com peso médio $25,8 \pm 3,6$ kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Pekas (1968).

As temperaturas máximas e mínimas e a umidade relativa do ar foram mensuradas diariamente às 09h00 e às 16h00, respectivamente, por meio de termômetros digitais colocados no interior do galpão, para monitoramento da variação na temperatura ambiente. Durante o período experimental, a temperatura permaneceu entre 23,4 e 34,1°C, e a umidade relativa permaneceu em torno de 59%.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e seis repetições. Cada repetição foi considerada uma unidade experimental representada por uma gaiola metabólica com um animal.

O teor de gossipol do farelo de algodão foi analisado no Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães (FIOCRUZ/PE) através da metodologia descrita pela *American Oil Chemical Society-AOAC* (1997). Esta técnica permite dosar o gossipol nas sementes, farinhas e bagaços de algodão. A metodologia consiste em analisar o gossipol da amostra extraído em presença de 3-aminopropanol-1, com uma mistura de 2-propanol e hexano para o dosamento do gossipol livre. Por meio de anilina, procede-se à conversão do gossipol em gossipol-dianilina, cuja densidade óptica é medida a 440 nm.

Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: T1 - ração referência (base de milho e farelo de soja), T2 – ração com substituição de 30% da referência por farelo de algodão sem suplementação enzimática e, T3 - ração com substituição de 30% da referência por farelo de algodão com suplementação enzimática (20g de protease e 15g de fitase por 100 kg de ração).

A ração referência foi formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com a faixa de peso segundo tabelas de Rostagno et al. (2005). Os tratamentos T2 e T3 foram elaborados mediante a fabricação da ração referência, sendo 30% desta substituída por farelo de algodão.

A composição centesimal e calculada da ração referência utilizada no experimento está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição alimentar, nutricional e energética da ração referência para suínos machos castrados

Table 1. Food composition, nutritional and energy of basal diet for barrows

Ingredientes	T1
	%
Milho	70,9218
Farelo de Soja	24,6913
Farelo de Algodão	-----
Óleo de Soja	0,9936
Fosfato Bicálcico	1,6019
Calcário	0,5793
Sal comum	0,4084
DL-Metionina 99%	0,0081
L-Lisina Hcl	0,2516
L-Treonina	0,0439
Premix Vitamínico ¹	0,400
Premix Mineral ¹	0,100
Total	100,00
Valores Calculados	
Proteína Bruta %	17,60
Cálcio %	0,720
Fósforo Disponível %	0,400
Metionina + Cistina %	0,584
Lisina %	1,061
Metionina %	0,289
Valores Analisados	
Energia Bruta (Kcal/kg)	3756
Proteína (%)	17,45
Fibra em Detergente Neutro (%)	18,48
Extrato Etéreo (%)	5,05

¹ Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Antioxidante- 200 mg; Biotina – 3 mg; Cálcio- 190 mg; Cobalto-17 mg; Cobre-5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Flúor-500 mg; Fósforo-60 g; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio-240 mg; Piridoxina-48 UI; Promotor de crescimento-2.940 mg; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Sódio-60 g; Tiamina-33 mg; Vit. A-150. 000 UI; Vit. B12-643 mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit. K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, com um período experimental de onze dias, em que os seis primeiros dias foram para adaptação às gaiolas e rações e

para determinação do consumo, para que as dietas fornecidas fossem consumidas totalmente, e os cinco dias finais foram para coleta. O arraçoamento foi feito duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, com as rações previamente pesadas e a água fornecida à vontade.

O óxido férrico foi utilizado como marcador fecal para determinar o início e o final do período da coleta. As fezes foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia, sendo posteriormente mantidas em freezer à temperatura de -2°C. Ao final do período de coleta, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e retiradas alíquotas. As porções das fezes foram submetidas à pré-secagem, em estufa com circulação de ar a 55°C durante 72 horas, e posterior moagem em moinho de facas com peneira de 1 mm.

As amostras de fezes, ração e do farelo de algodão foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal do DZ/UFRPE para as análises de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fósforo e nitrogênio de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2005), e para determinação dos valores da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido das amostras, foram realizadas de acordo com as metodologias de Van Soest et al. (1991), a energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica do modelo Parr.

As variáveis avaliadas foram: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), da energia bruta (CDAEB) e os valores da proteína digestível (PD) e energia digestível (ED).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SISVAR versão 4.6. (FERREIRA, 2003).

Resultados e Discussão

A quantidade de gossipol livre das amostras do farelo de algodão apresentaram uma concentração de 32 ppm. Este valor está abaixo do limite preconizado por Gamboa et al. (2001), que afirmam que o valor máximo de gossipol livre aceitável para utilização do farelo de algodão em dietas de suínos é de até 100 ppm. Logo, o valor encontrado para o farelo de algodão produzido pelo método de prensagem está abaixo do valor de tolerância.

Os resultados referentes à composição química e bromatológica do farelo de algodão, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias dos teores de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido e de energia bruta, teor de fósforo e do gossipol livre determinados para o farelo de algodão

Table 2. Means of dry matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and gross energy, phosphorus and free gossypol determined for cottonseed meal

Composição química e energética ¹	Farelo de algodão ³
Matéria Seca, %	93,39
Proteína Bruta, %	24,90
Extrato Etéreo, %	9,01
Fibra em Detergente Neutro, %	54,02
Fibra em Detergente Ácido, %	32,02
Fósforo, %	3,80
Gossipol Livre, ppm	32,00
Energia Bruta, kcal/kg ²	4484

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.

² Análise realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, MG.

³ Farelo de Algodão – Agropecuária São José

O valor de matéria seca (MS) foi superior ao observado por Santos et al. (2005), que encontraram valores do farelo de algodão de 89,1%; entretanto para proteína bruta (PB) (32,1%) e fibra em detergente ácido (FDA) (34,10%), os valores foram superiores ao encontrado neste trabalho. Moreira et al. (2006) encontraram valores inferiores para MS, extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN), com 91,90%; 0,77% e 38,69% respectivamente, porém, para os valores de PB (36,22%) e FDA (27,18%) foram superiores aos valores encontrados no presente trabalho. Para os valores de MS e EE, estes estão próximos ao encontrado por Carvalho et al. (2010), que foram 95,91% de MS e 9,80% de EE. Isto indica que o ingrediente utilizado apresenta grande variabilidade que podem ser justificadas devido aos diferentes tipos de solos, climas e métodos de processamento.

Os valores de FDA e FDN estão próximos aos encontrados por Carvalho et al. (2010), indicando que o farelo de algodão utilizado pode conter conteúdos semelhantes de cascas nas sementes.

O valor determinado para energia bruta foi de 4.484 kcal/kg, estando próximo ao determinado por Carvalho et al. (2010), que encontrou para o farelo de algodão 4.867 kcal e ao de Albino et al. (1994), que obtiveram valor de 4.345 kcal. Estes

valores foram superiores aos encontrados por Dávila et al. (2007), Santos et al. (2005) e Rostagno et al. (2005).

Nas condições deste experimento não foram verificadas diferenças significativas entre as dietas com e sem enzimas na digestibilidade dos nutrientes conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB), fósforo (CDAP) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) das rações

Table 3. Coefficients of apparent digestibility of dry matter (CADDM), crude protein (CADCP), gross energy (CADGE), phosphorus (CDAP) and values of digestible protein (DP) and digestible energy (DE) of diets

Tratamentos	Parâmetros avaliados					
	CDAMS %	CDAPB %	CDAEB %	PD %	ED (Kcal/kg)	CDAP %
Ração referência	90,99 ^a	74,25 ^a	89,25 ^a	12,9 ^b	3352 ^a	63,47
30 % FA sem enzima	80,21 ^b	63,13 ^b	79,61 ^b	15,31 ^a	3164 ^b	62,78
30 % FA com enzima	80,36 ^b	67,48 ^b	78,68 ^b	16,31 ^a	3105 ^b	72,95
CV	2,05	6,45	3,06	6,91	5,06	5,50
Nível de significância	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,01

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Tukey ao nível de 5% de significância.
CV - coeficiente de variação

A adição de enzimas nas rações contendo farelo de algodão não afetou a digestibilidade da matéria seca. Os resultados de menor coeficiente de digestibilidade da MS para as rações contendo farelo de algodão podem estar relacionados com o nível de fibra do produto, pois níveis elevados de fibras nas rações de suínos podem afetar negativamente a digestibilidade da matéria seca (ANDERSON; LINDBERG, 1997). A fibra pode ter ocasionado redução na digestibilidade da matéria seca em virtude do aumento na taxa de passagem pelo trato intestinal (STANOGLIAS; PEARSE 1985).

Em relação ao coeficiente de digestibilidade da PB, os resultados observados mostraram ligeiro aumento nas dietas contendo enzimas, porém não significativas. Isto pode ser atribuído a menor superfície de contato do substrato com a enzima, indisponibilizando o substrato para a ação das proteases do trato digestório do animal. Outra provável explicação é o pequeno tempo de exposição aos componentes enzimáticos, além do fato de não se ter utilizado neste trabalho nenhuma enzima que contribuísse para digestão do componente fibroso, pois é provável que tecidos lignificados englobem as proteínas e carboidratos, protegendo-os da ação enzimática,

contribuindo para a não digestão desses nutrientes (BEDFORD, 2000). Os resultados deste trabalho foram diferentes dos encontrados por Nery (1997), que observou melhora na digestibilidade da proteína bruta para leitões suplementados com enzimas (amilase, lipase e protease).

É importante ressaltar que nem sempre as suplementações de enzimas digestivas proporcionam respostas positivas. Para a enzima atuar, faz-se necessário que haja o substrato específico na dieta e a dosagem correta de enzimas e que a capacidade delas ultrapasse as barreiras presentes no trato gastrointestinal. Uma forma de avaliar a eficiência da digestibilidade seria acrescentar enzimas exógenas que degradassem a fibra do farelo de algodão, o que proporcionariam, provavelmente, uma melhora na absorção dos nutrientes deste ingrediente, o que poderia contribuir com o desempenho dos animais e a diminuição dos custos finais de produção.

Quanto ao coeficiente de digestibilidade da energia bruta, verificou-se que não houve diferenças significativas entre as rações com e sem adição de enzimas. Isto também pode ser explicado pelo fato que rações com FA apresentam maiores quantidades de fibras, o que afeta negativamente o coeficiente de digestibilidade da energia (WENK, 2001).

O balanço de nitrogênio nas rações está apresentado na Tabela 4. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com FA, no que se refere ao conteúdo de Nitrogênio ingerido (Ni). Houve maior ingestão de nitrogênio devido ao fato de que as rações com farelo de algodão proporcionaram um pequeno aumento da PB na dieta.

Tabela 4. Média do nitrogênio ingerido (Ni), excretado nas fezes (Nf), na urina (Nu), absorvido (Na) e retido (Nr) nos tratamentos experimentais com suínos em crescimento

Table 4. Average of nitrogen intake (Ni), faeces (Nf), urine (Nu), absorbed (Na) and retention (Nr) in experimental treatments with growing pigs

Tratamentos	Parâmetros avaliados				
	Ni (g/dia)	Nf (g/dia)	Nu (g/dia)	Nr (g/dia)	Na (g/dia)
0	46,01 ^b	4,06 ^b	15,73 ^{ns}	26,56 ^b	41,95 ^b
30 % FA sem enzima	64,20 ^a	7,26 ^a	16,31 ^{ns}	40,63 ^a	56,94 ^a
30 % FA com enzima	63,77 ^a	7,23 ^a	18,26 ^{ns}	38,27 ^a	56,53 ^a
CV (%)	5,04	17,42	21,44	14,41	5,69
Nível de significância	p<0,01	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,01

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tratamentos seguidos NS não diferem significativamente para teste de Tukey.

CV - coeficiente de variação

As rações com FA apresentaram maior quantidade de nitrogênio retido (Nr). Em alguns trabalhos, a retenção foi inferior nas rações menos proteicas (KEPARTT; SHERRITT, 1990; KERR; EASTER, 1995), o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

O nitrogênio excretado nas fezes (Nf) foi maior nos tratamentos que utilizavam FA, independente do uso ou não de enzimas. Isso pode estar relacionado aos ingredientes fibrosos e com presença de PNA, pois estimulam a fermentação no intestino grosso, aumentando, assim, a população microbiana (WENK, 2001). Estes mecanismos estimulam a transferência da ureia plasmática para o intestino grosso, sendo convertida em amônia pelas bactérias ureáticas (MAMLOF; HAKANSSON, 1984). Esse processo também aumenta o nitrogênio fecal (GALASSI et al., 2004). Quando as proteínas não são bem aproveitadas ocorre uma alta excreção de nitrogênio, ocasionando desperdício de um nutriente com custo elevado e com potencial efeito poluente (FERKET, 1996). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Figueroa et al. (2002) e Le Bellego et al. (2001) que também verificaram aumento no nitrogênio fecal com o incremento de proteína na ração.

Quanto ao nitrogênio urinário (Nu) não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, porém, se analisarmos a relação entre Nr e Na, houve maior absorção de N para as dietas contendo FA. Oliveira et al. (2007) constataram que existe uma relação diretamente proporcional entre a ingestão de nitrogênio e o nitrogênio absorvido.

Os resultados das médias da ingestão, excreção e absorção do fósforo (P) são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Média do fósforo ingerido (Pi), excretado nas fezes (Pf), absorvido (Pa) nos tratamentos experimentais com suínos em crescimento

Table 5. Mean phosphorus intake (E), faeces (Pf), absorbed (Pa) in experimental treatments with growing pigs

Tratamentos	Parâmetros avaliados		
	Pi (g/dia)	Pf (g/dia)	Pa (g/dia)
0	54,73 ^b	19,13 ^b	35,60 ^c
30% FA sem enzima	75,45 ^a	25,93 ^a	49,52 ^b
30% FA com enzima	80,72 ^a	20,76 ^b	58,29 ^a
CV (%)	5,04	15,39	9,35
Nível de significância	p<0,05	p<0,05	p<0,05

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Tukey ao nível de 5% de significância.
CV - coeficiente de variação

Ao analisar a quantidade de fósforo excretado nas fezes, pode-se observar que a ração com 30% de farelo de algodão e adição de enzimas proporcionou uma menor excreção de fósforo. Isso pode estar relacionado à ação da enzima fitase, já que esta proporciona um maior aproveitamento do fósforo fítico podendo reduzir em 20 a 30% a excreção deste mineral (SIMONS et al., 1990). Esse mesmo resultado foi encontrado por Figueirêdo et al. (2000) ao estudarem a ação da enzima fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, em dietas com farelo de arroz integral, para suínos em crescimento, e observaram redução do fósforo nas fezes nos tratamentos em que continham fitase.

Ao analisar o fósforo absorvido (Pa), observa-se que o tratamento com 30% de FA com enzimas obteve o melhor resultado ao se comparar com o tratamento sem enzima. Esse resultado pode estar associado à alta digestibilidade do fósforo na dieta devido a adição da enzima fitase. De acordo com Zimmermann et al. (2003), a adição de fitase em rações contendo farelo de trigo aumenta linearmente a absorção do P devido ao melhor aproveitamento do P fítico.

A adição de enzimas (protease e fitase) à ração de suínos composta por farelo de algodão não promoveu melhorias na digestibilidade dos nutrientes das rações, assim como não reduziu a excreção do nitrogênio. Contudo, diminuiu a excreção de fósforo no ambiente, o qual poderá favorecer uma redução no impacto ambiental, causado por este mineral.

Os resultados observados da digestibilidade dos nutrientes, possivelmente, estão associados às dificuldades que as enzimas têm para atuar nos conteúdos celulares de alimentos fibrosos, ou pelo fato do período de tempo ter sido mínimo para ação dessas enzimas. Enfim, seria necessária a utilização de enzimas exógenas capazes de promover a ruptura da parede celular do alimento para que outras enzimas tenham acesso aos demais nutrientes do alimento.

Conclusão

O uso do farelo de algodão com adição de enzimas em dietas para suínos em crescimento não afeta os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, energia bruta e proteína bruta.

A utilização de fitase reduziu o teor de fósforo nas fezes e melhorou a absorção deste mineral em dietas com farelo de algodão para suínos.

A substituição de 30% da dieta referência por farelo de algodão com e sem adição de protease e fitase, proporcionou melhor resultado no teor de proteína digestível calculada para dietas com farelo de algodão com valores de 15,3 e 16,3% sem e com enzimas, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa PROCAD/CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior pela concessão da bolsa de mestrado; à DSM pelo fornecimento das enzimas; à Agropecuária São José pelo fornecimento do farelo de algodão, e ao Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães (CPqAM/FIOCRUZ), por ter cedido suas dependências para realização de análise laboratorial.

Referências Bibliográficas

ALBINO, L.F.T.; BRUM, P.A.R. de; FIALHO, F.B.; PAIVA, G.J.; HARA, C. Análise individual versus "pool" de excreta na determinação da energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.29, n.3, p.467-473,1994.

AMERICAN OIL CHEMICAL SOCIETY (AOAC). **Official Methods and Recommended Practices of AOCS**. 5 ed., 1997.

ANDERSON, C.; LINDBERG, J. E. Forages in diets for growing pigs 1. Nutrient apparent digestibilities and partition of nutrient digestion in barley based diet including lucerne and white-clover meal. **Animal Science**. v. 65, n. 3, p. 483-491, 1997.

BARBOSA, F. F.; GATTÁS, G. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**. Art. n.15 – publicado em 11 de novembro de 2004.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. **Animal Feed Science Technology**. v. 86, p. 1-13, 2000.

CARVALHO, C.B.; DUTRA JUNIOR, W. M.; RABELLO, C.B.; LIMA, S. B. P.; TAKATA, F. N.; NASCIMENTO, G. R. Avaliação nutricional do farelo de algodão de alta energia no desempenho produtivo e características de carcaças de frangos de corte. **Revista Ciência Rural**. v. 40, n. 5. p.1166-1172. 2010

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Enzimas**. Bioquímica Ilustrada, 2º ed. São Paulo: Artes médicas, 446 p.53-66. 1989.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento),
<http://www.abrapa.com.br/estatisticaslevantamentodeavaliodeSafras.pdf> (acessado em 25/03/09). 2009.

DÁVILA, N. F. P.; GOMES, A. V. C.; PESSÔA, M. F.; CRESPI, M. P. L.; COLL, J. F. C.; Substituição do farelo de soja por farelo de algodão na alimentação de coelhos em crescimento. **Acta Science. Animal Science**. v. 29, n. 3, p. 277-282. 2007.

FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR**. Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras. DEX/UFLA, 2003.

FERKET, P. **Enzymes offer way to reduce waste, improve performance**.
Feedstuffs. 22, p.30-34, 1996.

FIGUEIRÊDO, A.V., FIALHO, E.T., VITTI, D.M.S.S. et al. Ação da enzima fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, por intermédio da técnica de diluição isotópica, em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 29, p.177-182, 2000.

FIGUEROA, J.L.; LEWIS, J.A.; MILLER, P.S. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard cornsoybean meal diets or low-crude protein, amino acid supplemented diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.11, p.2911-2919, 2002.

FURLAN, A. C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, A. E. Utilização de complexo multienzimático em dietas de frangos de corte contendo triticales. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 26, n.4, p. 759-764, 1997.

GALASSI, G.; CROVETTO, G. M.; RAPETTI, L. Energy and nitrogen balance in heavy pigs fed different fibre sources. **Livestock Production Science**, v.85, p.253-262, 2004.

GAMBOA, D.A., M.C. CALHOUN, S.W. KUHLMANN, A.U. HAQ, and C.A. BAILEY. Use of expanded cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible amino acid basis. **Poltry Science**. v. 80, n. 6 p.789-94. 2001.

GRAHAM, H. Mode of action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. **Simpósio Latino-Americano de Nutrição de Suínos e Aves**. CBNA, p. 60-69, 1996.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; GARCIA, G. G.; SOUZA JUNIOR, B. B.; ALEBRANTE, L.; SARTOR, C. Digestibilidade, balanços do nitrogênio e fósforo de dietas para suínos contendo diferentes níveis de trigoilho em substituição ao milho com ou sem adição de enzimas. **Revista Ciência Rural**. v. 34, n. 5, p. 1557-1562. 2004.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; LEHNEM, C. R.; CARVALHO, A. A.; ALEBRANTE, L. Utilização do triticales e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 60, n. 2, p. 470-476. 2008.

HURTADO NERY, V. L.; LIMA, J. A. F.; ALVARENGA E MELO, R. C.; FIALHO, E.T. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 29, n.3, p. 794-802, 2000.

INBORR, J.MEULEN, J.V. Residual activity of added enzymes in relation to fibre digestibility in terminal ileum of growing pigs. In: WENK, c. and BOESINGER, M. Enzymes in animal nutrition-1 st symposium proceedings. **Anais**. Kartause Ittingen. 13-16, p.34-37, 1993.

KEPARTH, K. B.; SHERRITT, G.W. Performance and nutrient balance in growing swine fed low protein diets supplemented with amino acids and potassium. **Journal of Animal Science**. v. 68, p. 1999- 2008, 1990.

KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**. v. 73, n.10, p.3000-3008. 1995.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**. v.79, n.5, p.1259-1271. 2001.

LI, S.; SAUER, W. C.; HUANG, S. X.; GABERT, V. M. Effect of β -glucanase supplementation to hulles barley-or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans, and amino acids in young pigs. **Journal of Animal Science**. v.74, p.1649-1656, 1996.

LOPES, J. B. Alimentos alternativos regionais para suínos. I Congresso Nordestino de Suinocultura-ABRAVES, Fortaleza, CE. **Anais**. Fortaleza, p.28-33. 2002.

MAMLOF, K; HAKANSSON, J. The effect of dietary fibre level on the diurnal pattern of urinary nitrogen excretion in swine. **Swedish Journal Agriculture Research**. v,14, p.53-57, 1984.

MOREIRA, I.; PAIANO, D.,SILVA, M.A.A. 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, p.1-5. 2003.

MOREIRA, I.; SARTORI, I.M.; PAIANO, D.; MARTINS, R.M.; OLIVEIRA, G.C.; Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 35, n. 3 p.1077-1084. 2006.

NERY, V. L. H. **Adição de enzimas nas rações de leitões em recria**. (Mestrado em Zootecnia). Universidade federal de Lavras. Lavras –MG. 36p. 1997.

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 Agrociência**. v. 13, n. 2, p. 257-260, 2007.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVA, M.A.A. Farelos de algodão com diferentes níveis de proteína na alimentação de suínos na fase inicial – Digestibilidade e desempenho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.28, n.4, p.415-422, 2006.

PASCOAL, L.A.F.; SILVA, L.P.G.; MIRANDA, E.C.; MARTINS, T.D.D.; THOMAZ, M.C.; LAMENHA, M.I.A; ALMEIDA, D.H. Complexo enzimático em dietas simples sobre os parâmetros séricos e a morfologia intestinal de leitões. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.9, n.1, p.117-129, 2008.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; LAMENHA, M. I. A.; WATANABE, P. H.; MIRANDA, C. C.; SILVA, L. P. G.; ARAÚJO, D. M. Inclusão de farelo de coco em dietas para suínos em crescimento com ou sem suplementação enzimática. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 11, n.1, p.160-169. 2010.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**. v. 27, n. 5, p. 1303-1306, 1968.

PETERSSON, D.; AMAN, P. Enzyme supplementation of poultry containing rye and wheat. **British Journal of Nutrition**, v. 62, p. 139-149, 1989.

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; GONÇALVES, T. M. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira e Milho e Sorgo**. v. 1, n.2, p.91-100. 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., FERREIRA, A. S., BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**, 2ª ed, Viçosa UFV. p. 186. 2005.

SANTOS, Z. A. S., FREITAS, R. T. F., FIALHO, E. T., RODRIGUES, P. B., LIMA, J. A. F., CARELLOS, D. C., BRANCO, P. A. C., CANTARELLI, V. S. Valor Nutricional de Alimentos para Suínos Determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência Agrotecnológica**. v. 29, n. 1, p. 232-237. 2005.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p.235. 2005.

SIMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A. J.Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**. v.64, n. 2, p. 525-40. 1990.

SOTO-SOLANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine. **Simpósio Latino-Americano de Nutrição de Suínos e Aves**. Campinas, p. 1-13. 1996.

STANOGLIAS, G.; PEARCE, G. R- The digestion of fiber by pigs I. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. **The British Journal of Nutrition**. v. 51, n. 3, p. 513-530. 1985.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; FERREIRA, V. P. A.; PENA, S. M.; NOGUEIRA, E. T.; MOREIRA, J.A.; BUZEN, S.; NERY, L. R. Utilização de enzimas exôgenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 34, n. 3, p. 900-906. 2005.

TENORIO FIREMAN, F. A.; LÓPEZ, J.; KYONARA BARBOSA, A.; TENÓRIO FIREMA, A. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e celulase. **Archivos Latinoamericanos de Produção Animal**. v. 8, n. 1, p. 18-23. 2000.

TRINDADE NETO, M.A., LIMA, J.A.F., FIALHO, E.T. Farelo de glúten de milho para suínos em crescimento e terminação (desenvolvimento). **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**. v. 24, n. 1, p. 108-116. 1995.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. v.74, p.3583-3597.1991.

WENK, C. The role of dietary fiber in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**. v.90, n. 1-2. p.21-33, 2001.

ZIMMERMANN, B. et al. Additivity of the effect of cereal and microbial phytase on apparent phosphorus absorption in growing pigs fed diets with marginal P supply. **Animal Feed Science and Technology**, v.104, p. 143-152, 2003.

CAPÍTULO III

Desempenho e avaliação de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas

* Artigo elaborado de acordo com as normas da *Acta Scientiarum. Animal Sciences*.

Desempenho e avaliação de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas

Resumo. O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFRPE, utilizando 25 suínos machos castrados, nas fases de crescimento e terminação, com o objetivo de avaliar o efeito da adição de diferentes níveis de farelo de algodão, com e sem enzimas exógenas sobre o desempenho zootécnico e as características de carcaças dos animais. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado constituído de cinco tratamentos e cinco repetições. O farelo de algodão foi incluído nas dietas experimentais nos níveis de 0; 12,5; 25,0 e 37,5% com enzimas, sendo mais um tratamento com o maior nível de FA sem adição de enzimas para comparar com o mesmo nível. Na avaliação do desempenho, as rações foram pesadas diariamente para determinação do consumo de ração e conversão alimentar. Os animais foram pesados quinzenalmente para determinação do ganho de peso. No encerramento do experimento dois suínos por tratamento foram abatidos para avaliação das carcaças, dos rendimentos de cortes e dos órgãos internos. A inclusão de FA com adição de enzimas até o nível de 37,5% não afetou o desempenho dos animais, porém quando se retirou as enzimas houve queda no consumo de ração e no ganho de peso dos animais. Também não foram observadas diferenças nas características de carcaças e nos rendimentos dos cortes comerciais, com exceção da espessura de toucinho que foi maior com o nível de 37,5% de FA, com ou sem enzimas. Os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que a inclusão de farelo de algodão com adição de enzimas nas dietas de suínos em crescimento e terminação é viável até o nível de 37,5%, uma vez que apresentou respostas semelhantes às rações com milho e farelo de soja.

Palavras-chave: algodão, características de carcaças, desempenho zootécnico, fitase, protease

Performance and carcass evaluation of swine in the growing and finishing stage fed with diets containing different levels of cottonseed meal with and without addition of exogenous enzymes

Abstract. The experiment was conducted at the Swine barn on Department of Animal Science UFRPE using 25 barrows during the growing and finishing stage, objecting of evaluating the effect of adding different levels of cottonseed meal (CM) with and without exogenous enzymes on growth performance and carcass traits of animals. The design was completely randomized consisting of five treatments and five repetitions. Cottonseed meal was included in the experimental diets at levels of 0, 12.5, 25.0 and 37.5% with enzymes, and the fifth treatment with the highest level of CM without addition of enzymes to compare with the same level. In evaluating the performance, the diets were weighed daily to determine feed intake and feed conversion. The animals were weighed biweekly to determine the weight gain. At the end of the experiment two pigs per treatment were slaughtered to evaluate carcass traits, cut yields and the internal organs. The inclusion of CM with the addition of enzymes to the level of 37.5% did not affect animal performance, but withdrawing the enzyme was no decrease in feed intake and weight gain of animals. There were also no differences in carcass characteristics and yield of retail cuts, with the exception of backfat thickness was greater than the level of 37.5% of CM, with or without enzymes. The results of this research suggest that the inclusion of cottonseed meal with added enzymes in the diets of growing-finishing pigs is feasible until the level of 37.5%, because it showed similar responses to diets with corn and soybean meal.

Keywords: carcass traits, cotton, growth performance, phytase, protease

Introdução

A nutrição é um fator de extrema importância em qualquer segmento da produção animal, pois influencia diretamente no desempenho zootécnico e na qualidade do produto final. Na suinocultura, os avanços nesta área têm sido fundamentais para o aumento da produtividade e da melhoria na qualidade da carcaça.

A crescente demanda do mercado por um produto de melhor qualidade tem direcionado as pesquisas no sentido de aumentar a quantidade de carne em detrimento da quantidade de gordura nas carcaças dos animais. Existem vários fatores que interferem na qualidade da carcaça do suíno e dentre eles se destaca a nutrição, em que a utilização de rações de acordo com o sexo e os altos níveis de aminoácidos nas dietas têm certamente melhorado o ganho de peso em músculos (TEIXEIRA, 1995).

Com a tendência de melhorar a qualidade da carcaça, várias empresas processadoras de carne vêm buscando aumentar o peso de abate e a deposição de carne magra na carcaça por meio da utilização nas rações de ingredientes fibrosos e/ou resíduos do processamento de alimentos (CLOSE, 1994), melhorando a eficiência no processo frigorífico, bem como possibilitando o desenvolvimento de novos cortes cárneos e produtos processados (POMAR et al., 2000).

A maioria das dietas para suínos são elaboradas com milho e farelo de soja, considerados alimentos de excelente digestibilidade e disponibilidade energética e proteica. No entanto, estes *commodities* sujeitos às instabilidades de preços e que comprometem a economia do setor estão sendo substituídos. Em particular, o farelo de algodão destaca-se apresentando uma produção expressiva, correspondendo a 855,8 mil toneladas anuais (CONAB, 2009). Porém, os valores nutricionais do farelo de algodão são inferiores comparados aos da soja, principalmente atribuído ao maior valor de fibra em sua composição. Por essa razão é que o uso de complexos enzimáticos tende a promover melhorias no ganho de peso e na eficiência alimentar, representando paralelamente uma diminuição nos custos da alimentação. Neste contexto, a busca por ingredientes alternativos, associados ou não, a complexos enzimáticos, é um procedimento bastante comum atualmente.

A cultura do algodão gera uma série de subprodutos como o caroço, a torta e o farelo, sendo largamente utilizados na alimentação de ruminantes (GONÇALVES; BORGES, 1997), isso porque o farelo de algodão (FA) apresenta elevado teor de fibra

bruta e baixo conteúdo de energia digestível (LOPES, 2002), o que torna inviável sua utilização na alimentação de aves e suínos.

O farelo de algodão não apresenta um bom perfil de aminoácidos, possuindo um menor conteúdo de lisina digestível em relação ao farelo de soja, o qual prejudica o desenvolvimento do animal, pois pode piorar a conversão alimentar, o ganho de peso, a espessura de toucinho e a percentagem do pernil, como também a área de lombo desses animais (MOURA et al., 1979).

Do ponto de vista zootécnico, a elevada inclusão de FA determina efeitos deletérios no desempenho dos suínos em crescimento e terminação devido aos altos teores de fibra (BALOGUN et al., 1990; LI et al., 2000; FURLAN 1995; COOPER et al., 1979). Uma solução para reduzir os efeitos negativos de um ingrediente pode ser a adição de combinações enzimáticas que possam viabilizar o aumento da inclusão do FA, fazendo com que os nutrientes se tornem mais disponíveis para o organismo animal, melhorando o desempenho e reduzindo os custos com alimentação.

Teixeira et al., (2001) trabalhando com três níveis (0,2; 0,4; 0,6%) de um complexo enzimático, contendo amilase, celulase e protease, adicionados a rações composta por milho, farelo de soja e soro de leite em pó, para leitões dos 28 aos 45 dias de idade, observaram um aumento linear do ganho de peso e do consumo de ração com aumento nos níveis desse complexo.

Lindemann et al. (1997) observaram que a adição de enzimas exógenas (protease, celulase, α -galactosidase e amilase) em dieta composta principalmente por milho e farelo de soja para suínos em crescimento e terminação proporcionou melhorias no ganho de peso diário.

Embora existam estudos sobre a utilização de FA em dietas para suínos, nenhum integrou o efeito da adição de enzimas. Assim, este trabalho tem por objetivo estudar o desempenho zootécnico e avaliação da carcaça de suínos em crescimento e terminação alimentados com diferentes níveis de inclusão de FA e adição de protease e fitase.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de abril a agosto de 2010, totalizando 110 dias de experimento.

Foram utilizados 25 suínos machos castrados de linhagem comercial, com peso médio inicial de $15,07 \pm 1,8$ kg. Os animais foram alojados em um galpão com pé-direito de 2,10 m, coberto com telhas de barro, com 25 baias individuais de 3 m² em piso de cimento compacto, com bebedouros tipo chupeta e comedouros. Os animais durante a primeira semana foram adaptados tanto às instalações quanto às rações respectivas ao seu tratamento.

Os tratamentos consistiram de rações experimentais como sendo:

T1 - ração referência (milho e farelo de soja);

T2 - 12,5% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T3 - 25% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T4 - 37,5% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T5 - 37,5% de farelo de algodão sem adição de enzimas (SE).

As rações foram isoenergéticas e isoproteicas para atender as exigências nutricionais estabelecidas para suínos em crescimento e terminação com alto potencial genético e de desempenho regular, de acordo com Rostagno et al. (2005). As composições químicas e os valores energéticos das rações são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Cada repetição foi considerada uma unidade experimental representada por uma baia com um animal.

A amostra do farelo de algodão foi encaminhada para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para as análises de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fósforo e nitrogênio de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2005), e para determinação dos valores da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido das amostras foram realizadas de acordo com as metodologias de Van Soest et al. (1991), a energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica do modelo Parr.

Durante o período experimental, as dietas e a água foram fornecidas à vontade, sendo as sobras e desperdícios das rações pesadas diariamente para avaliação do consumo diário.

Tabela 1. Composição da dieta e valores analisados da ração experimental de suínos na fase de crescimento

Table 1. Diet composition and analyzed values of the experimental diet of pigs during the growth phase

Ingredientes	Níveis de inclusão do FA %			
	0	12,5	25	37,5
Milho	68,490	65,700	55,575	45,031
Farelo de Soja	24,253	17,650	12,268	5,206
Farelo de Algodão	----	12,500	25,000	37,500
Inerte	3,617	----	----	----
Óleo de Soja	----	0,517	3,508	7,328
Fosfato Bicálcico	1,614	1,498	1,414	1,818
Calcário	0,675	0,712	0,692	0,768
Sal Comum	0,230	0,303	0,189	0,298
L-Lisina	0,511	0,494	0,661	0,897
DL-Metionina	0,018	0,034	0,056	0,079
Premix Vitamínico ¹	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina	0,097	0,095	0,135	0,178
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Analisados				
Extrato Etéreo, %	2,83	4,66	10,12	11,33
Proteína Bruta, %	18,21	18,85	18,14	18,06
Fibra em Detergente Neutro, %.	8,11	13,14	20,04	25,84
Matéria Seca, %	85,71	86,99	88,61	89,37
Valores Calculados				
Energia digestível, kcal/kg.	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta, %	17,35	17,35	17,35	17,35
Cálcio, %	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível, %	0,400	0,400	0,400	0,400
Lisina, %	0,942	0,942	0,942	0,942
Metionina + Cistina, %	0,525	0,528	0,528	0,528
Fibra bruta, %	2,7893	5,2044	7,5602	9,9160

¹ Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Antioxidante- 200 mg; Biotina - 3 mg; Cálcio- 190 mg; Cobalto-17 mg; Cobre-5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Flúor-500 mg; Fósforo-60 g; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio-240 mg; Piridoxina-48 UI; Promotor de crescimento-2.940 mg; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Sódio-60 g; Tiamina-33 mg; Vit. A-150.000 UI; Vit. B12-643 mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit. K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

Tabela 2. Composição da dieta e valores analisados da ração experimental de suínos na fase de terminação

Table 2. Diet composition and analyzed values of the experimental diet of pigs in the finishing phase

Ingredientes	Níveis de inclusão do FA %			
	0	12,5	25	37,5
Milho	66,430	80,022	70,102	28,706
Farelo de Soja	15,551	2,070	0,521	----
Farelo de Algodão	----	12,500	25,000	37,500
Inerte	10,874	1,033	----	----
Amido	----	----	----	27,807
Óleo de Soja	4,295	0,957	2,344	4,174
Fosfato Bicálcico	0,957	0,814	0,402	0,415
Calcário	0,686	0,584	0,460	0,438
Sal Comum	0,378	0,360	0,260	0,251
L-Lisina	0,324	0,359	0,330	0,340
DL-Metionina	----	----	----	0,034
Premix Vitamínico ¹	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina	----	0,050	0,080	0,012
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Analisados				
Extrato Etéreo, %	10,57	8,40	9,45	12,34
Proteína Bruta, %	14,71	14,67	14,60	14,41
Fibra em Detergente Neutro, %.	9,93	15,52	18,34	23,27
Matéria Seca, %	90,08	88,00	88,24	89,19
Valores Calculados				
Energia digestível, kcal/kg.	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta, %	13,00	13,00	13,00	13,00
Cálcio, %	0,494	0,494	0,484	0,494
Fósforo disponível, %	0,260	0,260	0,248	0,248
Lisina, %	0,610	0,609	0,609	0,609
Metionina + Cistina, %	0,400	0,400	0,392	0,378
Fibra bruta, %	2,224	4,738	7,180	9,331

¹ Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Antioxidante- 200 mg; Biotina – 3 mg; Cálcio- 190 mg; Cobalto-17 mg; Cobre-5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Flúor-500 mg; Fósforo-60 g; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio-240 mg; Piridoxina-48 UI; Promotor de crescimento-2.940 mg; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Sódio-60 g; Tiamina-33 mg; Vit. A-150.000 UI; Vit. B12-643mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit. K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

Os animais foram pesados a cada 14 dias, ocasião em que se calculou o ganho de peso e a conversão alimentar. Nesta mesma época foram realizadas as medidas do perímetro torácico e espessura de toucinho com ultrassom modo A, tomadas por meio

do aparelho RENCO LEAN - MEATER Digital Backfat indicator, em três pontos da linha dorso lombar do animal, sempre a 6,5 cm da coluna vertebral na altura da 5ª vértebra torácica, última vértebra torácica e da última vértebra lombar.

O término do experimento foi estabelecido quando os animais atingiram 90 kg de peso vivo. Foram escolhidos dois animais de acordo com o peso médio do tratamento, totalizando dez animais, os quais foram transportados ao abatedouro distante 45 km, um dia antes do abate e submetidos a um jejum alimentar de 12 horas. Antes do abate os animais foram submetidos a uma nova pesagem para obtenção do peso ao abate após o jejum (PV).

O abate foi realizado com atordoamento por concussão cerebral. Após, procedeu-se a sangria com suspensão da carcaça, depilação com água quente, higienização, abertura da linha alba, evisceração, pesagem e separação das vísceras brancas e vermelhas, toailete e pesagem da carcaça quente (PCQ). Os animais foram levados à câmara de resfriamento com temperatura entre 2 a 4°C por 24 horas, como determinado pela Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, (ABCS, 1973). Após 24 horas de resfriamento, as carcaças foram pesadas novamente para a obtenção do peso de carcaça fria (PCF). Posteriormente, foram serradas longitudinalmente, obtendo, assim, as meias carcaças esquerda e direita, as quais foram identificadas e pesadas individualmente. Da meia carcaça esquerda foram tomadas as medidas de comprimento da carcaça, espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL).

O comprimento da carcaça foi tomado do bordo cranial da sínfise pubiana ao bordo crânio ventral do Atlas; a espessura de toucinho, através da média das medidas em três pontos da carcaça na primeira costela, última costela e última vértebra lombar. A medida da área de olho de lombo foi feita na última costela, através de um corte transversal; utilizou-se um papel vegetal transparente e desenhou-se o contorno da área de olho de lombo, com a cobertura de gordura correspondente, incluindo o couro. Foi marcado o local onde a costela foi serrada. Posteriormente, esse desenho foi reproduzido em papel e avaliado por escala milimétrica em cm² e foram feitos os cálculos para a área de carne e de gordura por um planímetro, usando-se o valor médio obtido em três leituras consecutivas. A relação carne e gordura foram obtidas dividindo-se a área de carne pela área de gordura.

Depois de tomadas todas as medidas, na carcaça esquerda foram realizados os cortes comerciais como a paleta, o carré, o pernil, a copa e as costelas, de acordo com os cortes realizados pela indústria, sendo pesados e anotados os seus pesos.

Os parâmetros avaliados no desempenho nas duas fases de criação foram: ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar. Para as características de carcaças foram: peso da carcaça fria, peso da carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de toucinho, relação gordura/carne, peso e rendimento dos cortes nobres (pernil, paleta, costela, carré e copa).

Por fim, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett utilizando o pacote computacional SISVAR versão 4.6. (FERREIRA, 2003).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à composição química e energética do farelo de algodão estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Médias dos teores de matéria seca, de proteína bruta, de extrato etéreo, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido, de energia bruta, teor de fósforo e do gossipol livre determinados para o farelo de algodão

Table 3. Means of dry matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, gross energy, phosphorus and free gossypol determined for cottonseed meal

Composição química e energética ¹	Farelo de algodão ³
Matéria Seca, %	93,39
Proteína Bruta, %	24,90
Extrato Etéreo, %	9,01
Fibra em Detergente Neutro, %	54,02
Fibra em Detergente Ácido, %	32,02
Fósforo, %	3,80
Gossipol Livre, ppm	32,00
Energia Bruta, kcal/kg ²	4484

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.

² Análise realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, MG.

³ Farelo de Algodão – Agropecuária São José

O valor de matéria seca foi superior ao observado por Santos et al. (2005), que encontraram valores do farelo de algodão de 89,1%, entretanto para proteína bruta (32,1%) e fibra em detergente ácido (34,10%), os valores foram superiores ao encontrado neste trabalho. Para Carvalho et al. (2010), o valor de extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foi semelhante que encontraram

9,80%, 48,00% e 34,00%, respectivamente. Isso indica que o ingrediente utilizado apresenta grande variabilidade que podem ser justificadas devido aos diferentes tipos de solos, climas e métodos de processamento.

O valor determinado para energia bruta foi de 4.484 kcal/kg, estando próximo ao determinado por Carvalho et al. (2010), que encontrou para o farelo de algodão 4.867 kcal e ao de Albino et al. (1994), os quais obtiveram valor de 4.345 kcal. Estes valores foram superiores aos encontrados por Dávila et al. (2007), Santos et al. (2005) e Rostagno et al. (2005).

Os níveis estudados de inclusão de farelo de algodão às dietas com adição de enzimas não afetaram os parâmetros de desempenho zootécnico como ganho de peso diário e consumo de ração diário, porém, a retirada da enzima ao nível de 37,5% comprometeu estes parâmetros, exceto a conversão alimentar, que não foi afetada (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho dos suínos alimentados com rações contendo farelo de algodão com (CE) e sem (SE) adição de enzimas

Table 4. Performance of pigs fed diets with cottonseed meal (EC) and without (SE) adding enzymes

Fases	Tratamentos Experimentais					CV%	
	0,0 SE	12,5 CE	25,0 CE	37,5 CE	37,5 SE		
Crescimento	GPD (kg)	0,584 ^a	0,604 ^a	0,541 ^a	0,471 ^a	0,411 ^b	10,24
	CRD (g)	1229,4 ^a	1320 ^a	1117 ^a	1036 ^a	0,925 ^b	8,18
	CA	2,127 ^a	2,188 ^a	2,075 ^a	2,197 ^a	2,259 ^a	5,35
Terminação	GPD (kg)	0,900 ^a	1,008 ^a	0,894 ^a	0,867 ^a	0,563 ^b	7,65
	CRD (g)	2428,06 ^a	2722 ^a	2470 ^a	2353 ^a	1618 ^b	7,65
	CA	2,701 ^a	2,701 ^a	2,763 ^a	2,714 ^a	2,874 ^a	9,34

GPD – ganho de peso diário

CRD – consumo de ração diário

CA – conversão alimentar

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Dunnet.

Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem significativamente para teste de Dunnet.

CV - coeficiente de variação

O consumo diário não apresentou diferença significativa nas duas fases nos tratamentos com FA e adição de enzimas, porém, houve redução no CRD quando se retirou as enzimas ao nível de 37,5%. Isso pode ter ocorrido devido à presença de fibra nas rações, que favorece uma menor densidade na ração, com isso o consumo pode ter sido limitado pela capacidade de distensão do trato gastrointestinal. O menor consumo de ração pode ocorrer em virtude da inclusão de ingredientes fibrosos com maior capacidade de retenção de água (SANTOS JR. et al., 2004), o que diminui a taxa de

difusão de substratos e enzimas digestivas e impede suas interações na superfície da mucosa intestinal (CHOCT, 2001), levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes. Porém, isso não foi observado no mesmo nível de FA com adição de enzimas, possivelmente a adição das enzimas pode ter proporcionado uma melhor capacidade de digestão dos nutrientes e com isso tem-se uma melhor absorção.

Quanto ao GPD, houve diferença estatística apenas entre o tratamento com inclusão de 37,5% de FA sem enzimas quando este foi comparado com a ração controle. Isso pode estar relacionado ao efeito da ação das enzimas exógenas, fitase e protease, que podem promover um melhor aproveitamento dos nutrientes da ração, disponibilizando ao organismo mais aminoácido para síntese proteica (HENN, 2006).

Outra sugestão para esse resultado pode ser que enzimas exógenas consigam neutralizar os fatores antinutricionais, no caso o gossipol, por este carrear a lisina e deixá-la indisponível ao animal (SOTO-SOLANOVA, 1996). Logo, a enzima neutraliza esse fator e conseqüentemente disponibiliza este aminoácido ao organismo animal. Tendo em vista que o nível de gossipol neste trabalho tenha sido abaixo do limite para intoxicação, este efeito tóxico pode ser cumulativo nos animais quando recebem rações com farelo de algodão por um longo período de tempo. Moura et al. (1979) sugerem que o efeito negativo quanto ao ganho de peso dos animais está relacionado à diminuição do teor de lisina nas dietas conforme se aumenta os níveis de farelo de algodão.

Lindemann et al. (1997) observaram que a adição de enzimas exógenas (protease, celulase, α -galactosidase e amilase), em dieta composta principalmente por milho e farelo de soja para suínos em crescimento e terminação, proporcionou melhorias no ganho de peso diário.

Omogbenigun et al. (2004) observaram que utilizando uma combinação apropriada de enzimas nas rações de suínos pode haver melhora na utilização das dietas contendo ingredientes de baixa qualidade, aumentando a flexibilidade na formulação destas dietas e reduzindo os custos.

Os tratamentos não afetaram a conversão alimentar, mostrando que todos os tratamentos foram similares, pois os animais que receberam rações com os níveis mais baixos de FA apesar de terem consumido mais alimento e com isso ganharam mais peso. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por outros autores, que não encontraram diferença significativa no consumo e ganho de peso diário de suínos

(NERY et al., 2000; TENÓRIO FIREMAN et al., 2000; RODRIGUES et al., 2002; PASCOAL et al., 2010).

Com relação às características das carcaças desses animais, o peso final foi afetado pelos tratamentos, ocorrendo uma menor média com o nível de 37,5% de inclusão do FA sem enzimas, isso devido aos animais deste tratamento não terem alcançado o peso de abate na mesma época dos demais. Conseqüentemente, os parâmetros da carcaça para este tratamento também apresentaram efeito estatístico quando comparado à ração controle (Tabela 5).

A idade dos animais ao abate foi diferente para cada tratamento, pois se esperava que cada animal atingissem o peso médio de 90 kg. Com exceção do último nível de FA sem adição de enzimas que não atingiu esse peso, porém, a idade ao abate foi semelhante ao do mesmo nível com adição de enzimas, isso para que pudesse ser feito um comparativo desses animais.

O peso corporal está altamente correlacionado ao peso da carcaça, conforme observaram Martins et al. (2000). Esse resultado pode estar associado a maior disponibilização de aminoácidos ao organismo animal, o qual pode favorecer um aumento na deposição de músculo no animal mais rapidamente que no tratamento com 37,5% de FA sem enzima. Em outros estudos, a suplementação com protease em dietas para frangos de corte produziu melhorias significativas no crescimento das aves (ODETALLAH et al., 2003). Isso porque com a inclusão de enzimas exógenas há uma redução da síntese das enzimas endógenas e, em consequência disso, o organismo teria à disposição uma maior quantidade de aminoácidos para a síntese proteica, funcionando também como um poupador de nutrientes. Segundo Zanella et al. (1999), a inclusão de enzimas exógenas reduziu a produção endógena de amilase em 23,4% e a de tripsina pancreática em 35,8%, o que poderia favorecer a síntese proteica no tecido muscular pela maior disponibilização dos aminoácidos.

Tabela 5. Parâmetros das características de carcaças de suínos machos castrados alimentados com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) enzimas
 Table 5. Parameters of carcass traits of barrows fed varying levels of cottonseed meal with (EC) and without (SE) enzymes

Variáveis		Níveis de inclusão (%)					CV (%)	DP
		0,0	12,5 CE	25,0 CE	37,5 CE	37,5 SE		
Idade de abate	dias	141	141	155	168	168	-	-
PV	kg	88,5 ^a	90,5 ^a	99,5 ^a	91,2 ^a	64,0 ^b	6,49	0,763
PCQ	kg	68,76 ^a	67,33 ^a	74,67 ^a	70,70 ^a	49,70 ^b	5,63	0,749
PCF	kg	66,72 ^a	66,82 ^a	72,62 ^a	69,60 ^a	48,37 ^b	6,34	0,987
Pernil	kg	8,87 ^a	9,02 ^a	10,07 ^a	9,46 ^a	6,41 ^b	7,74	0,502
	%	12,90	13,38	13,53	13,36	12,89	5,13	0,590
Paleta	kg	4,827 ^a	4,867 ^a	5,242 ^a	4,855 ^a	3,470 ^b	6,60	0,241
	%	5,45	5,37	5,26	5,32	5,42	5,45	0,014
Costela	kg	9,412 ^a	8,595 ^a	9,347 ^a	9,490 ^a	5,435 ^b	11,29	0,860
	%	10,63	9,49	9,39	10,40	8,49	12,39	0,181
Carré	kg	5,11 ^a	5,10 ^a	5,78 ^a	4,50 ^a	3,04 ^b	11,51	0,390
	%	7,42	7,58	7,75	6,32	6,11	8,82	0,560
Copa	kg	1,92 ^a	1,82 ^a	1,73 ^a	1,97 ^a	1,20 ^b	4,52	0,063
	%	2,79	2,70	2,32	2,80	2,41	6,30	0,147
ET	mm	15,00 ^a	15,45 ^a	19,80 ^a	23,30 ^b	24,30 ^b	12,08	0,876
AOL	cm ²	51,61 ^a	51,94 ^a	55,81 ^a	44,35 ^a	31,29 ^b	10,10	0,652
Gordura/Carne	cm ²	0,33 ^a	0,32 ^a	0,46 ^a	0,44 ^a	0,61 ^b	14,55	0,017

PV - peso vivo; PCQ – peso da carcaça quente; PCF – peso da carcaça fria; ET – espessura de toucinho; AOL – área de olho de lombo; DP – desvio-padrão

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Dunnet.

Tratamentos seguidos NS não diferem significativamente para teste de Dunnet.

CV - coeficiente de variação

Quanto aos rendimentos dos cortes, estes não apresentaram diferenças significativas, diferente dos resultados encontrados por Amorim (2009), que verificou uma redução linear à medida que os níveis de polpa cítrica aumentaram.

Analisando a relação carne/gordura, esta não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com adição de enzimas, com exceção do tratamento de 37,5% sem adição de enzimas, possivelmente pelo fato de os tratamentos com enzimas permitirem um melhor aproveitamento dos aminoácidos pelos animais, contribuindo para deposição de músculos, devido a absorção da proteína presente no alimento, pela ação da enzima protease. Esse resultado corrobora com o encontrado por Amorim (2009), que ao trabalhar com diferentes níveis de polpa cítrica com adição ou não de enzimas (xilanase, β -glucanase, celulase, pectinase e protease), quando observou que as características da carcaça não foram influenciadas quanto aos níveis estudados com a adição de enzimas, porém, a relação carne/gordura, diminuiu linearmente à medida que aumentou o nível de polpa cítrica com a ausência do complexo enzimático.

Quanto à área de olho de lombo (AOL), os tratamentos com FA que continham enzimas não diferiram entre si e apresentaram melhores resultados que o tratamento com FA sem enzimas, sendo este um dos principais parâmetros utilizados para a tipificação de carcaça. Esse resultado pode estar associado ao melhor aproveitamento da proteína da dieta, nos animais que receberam suplementação com fitase e protease, por favorecer uma maior deposição de músculo na carcaça dos animais.

Com relação à espessura de toucinho (ET), verificou-se que até o nível de 25% de inclusão de FA com enzimas esta característica não foi afetada, ocorrendo maior ET nos animais alimentados com 37,5% de FA com ou sem adição de enzimas. Isso pode ter ocorrido devido ao maior teor de gordura desses tratamentos, pois segundo Fraga et al. (2008), dietas com maiores conteúdos de óleo, podem aumentar a eficiência do consumo energético pelos suínos em crescimento e terminação, aumentando a energia disponível para armazenamento sob a forma de lipídeos. De acordo com Gomes et al. (2008), a redução da espessura de toucinho representa atualmente uma das principais metas determinadas pela indústria frigorífica, em especial, quando a redução de tal parâmetro é acompanhada de elevação dos teores de carne magra e da área de olho de lombo na carcaça.

Na Tabela 6 são apresentados os valores dos pesos dos órgãos internos, demonstrando que houve diferenças estatísticas para todos os órgãos, exceto para a

bexiga, gordura cavitária e língua, que não apresentaram efeito significativo nos tratamentos estudados.

Ao analisar os pesos dos órgãos, pode-se observar que o tratamento de 37,5% de inclusão de FA sem adição de enzimas proporcionou um menor peso dos órgãos. Observando o baço que é um órgão linfóide com função hematopoiética, isto é, tem função de produção de células sanguíneas do organismo, pode-se constatar que este órgão apresentou menor peso que nos demais tratamentos. Este resultado pode ser devido à baixa atividade sanguínea no seu interior, pois, sabe-se que o baço engloba por fagocitose as hemoglobinas do sangue para transformá-las em bilirrubina, restando desta transformação o mineral ferro. Porém, por a hemoglobina possuir átomos de ferro no estado ferroso (LEHNIGER et al ., 1995), o gossipol livre presente no FA poderá sequestrar este mineral, tornando-o indisponível para produção de novas hemoglobinas no baço, podendo produzir anemia aos animais. As hemoglobinas de suínos são dependentes do nível de nutrição, sobretudo da disponibilidade de ferro, de mudanças relacionadas à idade ou a fatores nutricionais (IMLAH E MCTAGGART, 1977) e podem ser úteis na avaliação do efeito antinutricional do gossipol, uma vez que houve alterações no peso dos rins, fígado, estômago e intestino, que são órgãos responsáveis pelo metabolismo.

Quanto aos rendimentos desses órgãos, não houve diferença significativa, exceto para o baço que apresentou menores rendimentos nos tratamentos nos níveis de 25% e 37,5% com enzimas e 37,5% sem enzimas.

Tabela 6. Média dos pesos dos órgãos internos dos suínos alimentados com diferentes níveis de farelo algodão com (CE) e sem (SE) enzimas
 Table 6. Average weights of the internal organs of pigs fed different levels of bran with cotton (EC) and without (SE) enzymes

Variáveis		Níveis de inclusão (%)					CV (%)	DP
		0,0	12,5 CE	25,0 CE	37,5 CE	37,5 SE		
Coração	kg	0,305 ^a	0,310 ^a	0,325 ^a	0,320 ^a	0,230 ^b	5,41	0,012
	%	0,444	0,460	0,436	0,454	0,463	9,14	0,033
Pulmão	kg	1,168 ^a	1,038 ^a	1,010 ^a	1,022 ^a	0,697 ^b	10,11	0,241
	%	1,701	1,546	1,358	1,458	1,405	15,10	0,222
Língua	kg	0,245	0,265	0,255	0,240	0,198	9,26	0,017
	%	0,276	0,292	0,256	0,263	0,309	10,45	0,041
Rim	kg	0,215 ^a	0,232 ^a	0,242 ^a	0,235 ^a	0,145 ^b	12,75	0,023
	%	0,312	0,345	0,313	0,346	0,292	6,49	0,020
Fígado	kg	1,445 ^a	1,440 ^a	1,580 ^a	1,310 ^a	0,935 ^b	6,82	0,073
	%	2,115	2,138	2,120	1,849	1,880	4,35	0,070
Baço	kg	0,115 ^a	0,117 ^a	0,095 ^a	0,085 ^a	0,062 ^b	10,78	0,008
	%	0,167 ^a	0,174 ^a	0,126 ^b	0,120 ^b	0,125 ^b	6,81	0,007
Estômago	kg	0,605 ^a	0,567 ^a	0,685 ^a	0,582 ^a	0,430 ^b	5,12	0,021
	%	0,879	0,844	0,919	0,827	0,865	7,48	0,062
Intestino	kg	7,390 ^a	6,552 ^a	6,805 ^a	6,382 ^a	5,055 ^b	6,90	0,382
	%	10,767	9,753	9,119	9,086	10,171	10,19	0,077
Bexiga	kg	0,090	0,095	0,100	0,075	0,092	21,32	0,015
	%	0,130	0,141	0,134	0,105	0,186	26,96	0,024
Gordura	kg	0,110	0,132	0,150	0,145	0,107	10,54	0,011
	%	0,160	0,196	0,201	0,206	0,216	11,50	0,019

DP – desvio-padrão

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Dunnet.

Tratamentos seguidos NS não diferem significativamente para teste de Dunnet.

CV - coeficiente de variação

Conclusão

É viável a inclusão de até 37,5% de farelo de algodão, adicionando enzimas exógenas, como protease e fitase, nas dietas para suínos em crescimento e terminação, por proporcionar melhores índices no desempenho destes animais, sem afetar as características de carcaça e o rendimento dos cortes comerciais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa PROCAD/CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pela concessão da bolsa de mestrado, à DSM, pelo fornecimento das enzimas e à Agropecuária São José, pelo fornecimento do farelo de algodão.

Referências Bibliográficas

AMORIM, A. B. **Polpa cítrica e complexo enzimático para suínos nas fases de crescimento e terminação**. Jaboticabal/SP: Universidade Estadual Paulista, 2009. p.101. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS): **Métodos brasileiros de classificação de carcaças**. Estrela, 1973.p.14.

BALOGUN, T.F.; ADUKU, A.O.; DIM, N.I. Uncorticated 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.

CHOCT M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. **CAB Publishing**. 2001.

CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. **Pig News and Information**, v. 15, p. 65, 1994.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/levantamentodeavaliaodesafra.pdf> (acessado em 25/03/09). 2009.

COOPER, R. G.; LENNON, A. M.; TRIBBLE, L. F. LPC cottonseed flour as a protein source for swine. **Journal of Animal Science**, v.48, n.5, p1216-1222, 1979.

FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR**. Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras. DEX/UFLA, 2003.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; MARTINS, M. I. E. G.; KRONKA, R. N.; RUIZ, U. S.; SCANDOLERA, A. J. Avaliação econômica do uso da restrição alimentar

quantitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1050-1054, 2008.

FURLAN, A. C. Classificação dos alimentos: Universidade Estadual de Maringá, 1995.

GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; MARTELLI, M.R., Desempenho e característica de carcaça de suínos alimentados com dieta de tifton (*Cynodon Dactylon*), **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.59-67, 2008.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Alimentos e alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: UFMG, 1997. Farelo e caroço de algodão, Boletim, p.21-22. 1997.

HENN, J. D. Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves. Disponível em: www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/aditiv_enzimas.pdf Acesso em 16 setembro 2010. 2006.

IMLAH, P.; MCTAGGART, H.S. Hematology of the pig. In: ARCHER, R.K.; JEFFCOTT, L.B. (Eds.) **Comparative clinical haematology**. 1.ed. p.271-303. 1977.

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. 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.

LINDEMANN, M. D.; GENTRY, J. L.; MONEGUE, H. J.; CROMWELL, G.L. Determination of the contribution of the enzyme combination to the growth performance of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 184-193, 1997.

LOPES, J. B. **Alimentos alternativos regionais para suínos**. I Congresso Nordestino de Suinocultura-ABRAVES, Fortaleza, CE. Anais. Fortaleza, p.28-33. 2002.

MARTINS, R.C.; OLIVEIRA,N.; OSORIO, J.C.S. et al. Peso vivo ao abate como indicador do peso e das características quantitativas e qualitativas das carcaças em ovinos jovens da raça Ideal. **Boletim de Pesquisa Embrapa**. n. 21, 29p. 2000.

MOURA, M. P. LAVORENTI, A. Efeito de níveis crescentes de farelo de algodão sobre a performance e características de carcaça de suínos em crescimento e acabamento. **B. Indústria Animal**, 36, n. 1, p. 23-48, 1979.

NERY, V. L. H.; LIMA, J. A. F.; MELO, R. C. A.; FIALHO, E. T. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 794-802, 2000.

ODETALLAH N.H., WANG J.J., GARLICH J.D.; SHIH J.C. Keratinase in starter diets improves growth of broiler chicks. **Poultry Science**. v. 82, p. 664-670. 2003

OMOGBENIGUN, F. O.; NYACHOTI, C. M.; SLOMINSKI, B. A. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1053-1061, 2004.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; LAMENHA, M. I. A.; WATANABE, P. H.; MIRANDA, C. C.; SILVA, L. P. G.; ARAÚJO, D. M. Inclusão de farelo de coco em dietas para suínos em crescimento com ou sem suplementação enzimática. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 11, n.1, p.160-169. 2010.

POMAR, C.; FORTIN, A.; MARCOUX, M. Estimação do rendimento magro de carcaças suínas com base em diferentes metodologias para medir espessura de gordura e músculo. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, **Anais...** Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pork> Acesso em 20 setembro 2010. 2000.

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; GONÇALVES, T. M. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira e Milho e Sorgo**. v. 1, n.2, p.91-100. 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., FERREIRA, A. S., BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**, 2ª ed, Viçosa UFV. p. 186. 2005.

SANTOS JR. A.A., FERKET P.R., GRIMES J.L. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. **Journal Poultry Science**. v. 3, n. 1, p. 33-45. 2004

SOTO-SOLANOVA; GARCIA, O.; GRAHAM, H.; PACK, M. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: Conferência APINCO 1996 de ciência e tecnologia avícolas, Campinas. **Anais...** p. 71-76. 1996.

TENORIO FIREMAN, F. A.; LÓPEZ, J.; KYONARA BARBOSA, A.; TENÓRIO FIREMA, A. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e celulase. **Archivos Latinoamericanos de Produção Animal**. v. 8, n. 1, p. 18-23. 2000.

TEIXEIRA, E. W. Utilização de alimentos fibrosos pelos suínos. **Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 19-27, 1995.

TEIXEIRA, A. et al. Níveis de enzimas exógenas em rações para leitões na creche. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** v. 38, p.788-789, 2001.

Lorena-Rezende, I. M. B. Avaliação nutricional e energética do farelo de algodão com adição ou não de ...

ZANELLA I., SAKOMURA N.K., SILVERSIDES F.G. Effect of supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**. v. 78, p. 561-568. 1999.

CAPÍTULO IV

Avaliação econômica da utilização de diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas nas dietas de suínos nas fases de crescimento e terminação

* Artigo elaborado de acordo com as normas da *Acta Scientiarum. Animal Sciences*.

Avaliação econômica da utilização de diferentes níveis de farelo de algodão com e sem adição de enzimas exógenas nas dietas de suínos nas fases de crescimento e terminação

Resumo. Com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica da inclusão de diferentes níveis de farelo de algodão com ou sem adição de enzimas exógenas, na ração de suínos na fase de crescimento e terminação, foram utilizados 25 suínos machos castrados, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. O farelo de algodão (FA) foi incluído nas dietas experimentais nos níveis de 0; 12,5; 25,0 e 37,5% com enzimas mais um tratamento com o nível de 37,5% sem adição de enzimas. Os parâmetros analisados foram: receita bruta e receita bruta anual, margem bruta e margem bruta anual, custo da ração, consumo de ração, custo de arraçamento e custo de arraçamento anual e índice de lucratividade. Analisando economicamente o período de confinamento, o tratamento com 37,5% de inclusão do farelo de algodão sem enzimas não obteve resultados semelhantes à ração referência, recebendo os piores resultados quanto à receita, margem bruta, consumo de ração e custo de arraçamento. Porém, o custo da ração foi semelhante para todos os tratamentos. Observando a produção anualmente, apenas o tratamento com 12,5% de inclusão de farelo de algodão com enzimas, apresentou o mesmo resultado quando comparado à ração referência para o índice de lucratividade. Logo, este nível é o mais satisfatório para rações de suínos em regiões com escassez do farelo de soja.

Palavras-chave: alimento alternativo, enzimas, parâmetros econômicos

Economic evaluation of using different levels of cottonseed meal with and without addition of exogenous enzymes in swine diets during the growing and finishing

Abstract. Aiming to evaluate the economic feasibility of different inclusion levels of cottonseed meal with or without addition of exogenous enzymes in diets of pigs in the growing and finishing, were used 25 barrows distributed in a completely randomized design with five treatments and five repetitions. Cottonseed meal (CM) was included in the experimental diets at levels of 0, 12.5, 25.0 and 37.5% and the fifth treatment with the highest level of CM without addition of enzymes. The parameters analyzed were: gross revenue and annual gross revenue, gross margin and annual gross margin, cost of feed, feed intake, feeding cost and annual cost of feeding and profitability index. Analyzing the cost of the housing period, the treatment with 37.5% of inclusion of cottonseed meal without enzymes, did not show results similar to the basal diet, getting the worst results in terms of revenue, gross margin, feed intake and feeding cost. However, the cost of feed was similar for all treatments. Observing the production annually, only treatment with 12.5% inclusion of cottonseed meal with enzymes, showed similar results when compared to the reference diet for the profitability index. Therefore, this level is most suitable for pig diets in areas with a shortage of soybean meal.

Keywords: alternative food, economic parameters, enzymes

Introdução

A importância de se analisar economicamente a atividade suinícola é favorecer ao produtor o conhecimento de detalhes da produção. É neste contexto que se conhece os pontos de estrangulamento da produção para poder gerenciar sua atividade com a finalidade de atingir os objetivos de maximização de lucro e minimização de custos (LOPES; CARVALHO, 2000).

Para se obter a redução dos custos com a alimentação, é necessário utilizar ingredientes alternativos que possam ser incluídos nas rações, assim como reconhecer as potencialidades e restrições ao uso destes ingredientes nas diferentes fases de produção (BELLAVÉR; LUDKE, 2004).

Por se tratar de um produto que apresenta um alto conteúdo de fibras, médio teor de proteína, baixo valor energético e baixo nível de lisina, limita a utilização nas dietas de suínos e aves. O farelo de algodão é normalmente usado como substituto parcial ou total ao farelo de soja, principalmente em regiões onde se tem o cultivo do algodão e a agroindústria de processamento com a geração do farelo de algodão como co-produto. Isso disponibiliza esse produto para mercado local com preço competitivo.

A indústria visa constantemente reduzir seus custos de produção, para aumentar o peso de abate e a deposição de carne magra na carcaça buscando melhorar a produção e qualidade da carcaça, por meio da utilização nas rações de ingredientes fibrosos e/ou resíduos do processamento de alimentos (CLOSE, 1994), melhorando a eficiência no processo frigorífico, possibilitando o desenvolvimento de novos cortes cárneos e produtos processados (POMAR et al., 2000). Uma das alternativas para diminuir esses custos é a utilização de enzimas que possivelmente proporcionará uma formulação mais econômica e melhora o desempenho zootécnico.

A suplementação de enzimas pode reduzir os custos da suinocultura, por possibilitar a utilização de ingredientes com menores preços. De acordo com Pereira et al. (2010) a aplicação mais simples e provavelmente mais prática, chamada de *over the top* (por cima) tem o intuito de melhorar o desempenho de forma mais econômica, consistindo em adicionar enzimas em uma formulação padrão, sem alterar os níveis nutricionais da ração.

Contudo, este trabalho tem como objetivo analisar economicamente o efeito dos diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão com e sem adição de enzimas nas rações de suínos em crescimento e terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de abril a agosto de 2010, totalizando 110 dias de experimento.

Foram utilizados 25 suínos machos castrados de linhagem comercial, com peso médio inicial de $15,07 \pm 1,8$ kg. Os animais foram alojados em um galpão com pé-direito de 2,10 m, coberto com telhas de barro, com 25 baias individuais de 3 m² em piso de cimento compacto, com bebedouros tipo chupeta e comedouros. Os animais durante a primeira semana foram adaptados tanto às instalações, quanto às rações respectivas ao seu tratamento.

Os tratamentos consistiram de rações experimentais como sendo:

T1 - ração referência (milho e farelo de soja);

T2 - 12,5% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T3 - 25% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T4 - 37,5% de farelo de algodão com adição de enzimas (CE);

T5 - 37,5% de farelo de algodão sem adição de enzimas (SE).

As rações foram isoenergéticas e isoproteicas para atender as exigências nutricionais estabelecidas para suínos em crescimento e terminação com alto potencial genético e de desempenho regular, segundo Rostagno et al. (2005). As composições químicas e os valores energéticos das rações são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Cada repetição foi considerada uma unidade experimental representada por uma baia com um animal.

Tabela 1. Composição da dieta e valores analisados da ração experimental de suínos na fase de crescimento

Table 1. Diet composition and analyzed values of the experimental diet of pigs during the growth phase

Ingredientes %	Níveis de inclusão do FA %				
	0	12,5	25	37,5	37,5
Milho	68,490	65,700	55,575	45,031	45,031
Farelo de Soja	24,253	17,650	12,268	5,206	5,206
Farelo de Algodão	----	12,500	25,000	37,500	37,500
Inerte	3,617	----	----	----	----
Óleo de Soja	----	0,517	3,508	7,328	7,328
Fosfato Bicálcico	1,614	1,498	1,414	1,818	1,818
Calcário	0,675	0,712	0,692	0,768	0,768
Sal Comum	0,230	0,303	0,189	0,298	0,298
L-Lisina	0,511	0,494	0,661	0,897	0,897
DL-Metionina	0,018	0,034	0,056	0,079	0,079
Premix Vitamínico ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina	0,097	0,095	0,135	0,178	0,178
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Analisados					
Extrato Etéreo, %	2,83	4,66	10,12	11,33	10,69
Proteína Bruta, %	18,21	18,85	18,14	18,06	18,81
Fibra em Detergente Neutro, %.	10,32	15,82	19,61	21,16	21,46
Matéria Seca, %	85,71	86,99	88,61	89,37	89,07
Valores Calculados					
Energia digestível, kcal/kg.	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta, %	17,35	17,35	17,35	17,35	17,35
Cálcio, %	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível, %	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Lisina, %	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
Metionina + Cistina, %	0,525	0,528	0,528	0,528	0,528
Fibra bruta, %	2,7893	5,2044	7,5602	9,9160	9,9160
Custo por Kg de ração, R\$	0,74	0,77	0,81	0,86	0,85

¹ Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Antioxidante- 200 mg; Biotina – 3 mg; Cálcio- 190 mg; Cobalto-17 mg; Cobre- 5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Flúor-500 mg; Fósforo-60 g; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio- 240 mg; Piridoxina-48 UI; Promotor de crescimento-2.940 mg; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Sódio-60 g; Tiamina-33 mg; Vit. A-150.000 UI; Vit. B12-643 mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit. K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

Tabela 2. Composição da dieta e valores analisados da ração experimental de suínos na fase de terminação

Table 2. Diet composition and analyzed values of the experimental diet of pigs in the finishing phase

Ingredientes %	Níveis de inclusão do FA %				
	0	12,5	25	37,5	37,5
Milho	66,430	80,022	70,102	28,706	28,706
Farelo de Soja	15,551	2,070	0,521	----	----
Farelo de Algodão	----	12,500	25,000	37,500	37,500
Inerte	10,874	1,033	----	----	----
Amido	----	----	----	27,807	27,807
Óleo de Soja	4,295	0,957	2,344	4,174	4,174
Fosfato Bicálcico	0,957	0,814	0,402	0,415	0,415
Calcário	0,686	0,584	0,460	0,438	0,438
Sal Comum	0,378	0,360	0,260	0,251	0,251
L-Lisina	0,324	0,359	0,330	0,340	0,340
DL-Metionina	----	----	----	0,034	0,034
Premix Vitamínico ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina	----	0,050	0,080	0,012	0,012
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Analisados					
Extrato Etéreo, %	10,57	8,40	9,45	12,34	12,45
Proteína Bruta, %	14,71	14,67	14,60	14,41	14,27
Fibra em Detergente Neutro, %.	12,45	16,72	18,38	20,67	20,74
Matéria Seca, %	90,08	88,00	88,24	89,19	88,57
Valores Calculados					
Energia digestível, kcal/kg.	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta, %	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Cálcio, %	0,494	0,494	0,484	0,494	0,494
Fósforo disponível, %	0,260	0,260	0,248	0,248	0,248
Lisina, %	0,610	0,609	0,609	0,609	0,609
Metionina + Cistina, %	0,400	0,400	0,392	0,378	0,378
Fibra bruta, %	2,224	4,738	7,180	9,331	9,331
Custo por Kg de ração, R\$	0,71	0,67	0,65	0,73	0,72

¹ Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Antioxidante- 200 mg; Biotina – 3 mg; Cálcio- 190 mg; Cobalto-17 mg; Cobre-5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Flúor-500 mg; Fósforo-60 g; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio-240 mg; Piridoxina-48 UI; Promotor de crescimento-2.940 mg; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Sódio-60 g; Tiamina-33 mg; Vit. A-150.000 UI; Vit. B12-643mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit. K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

As dietas e a água foram fornecidas à vontade durante todo período experimental, sendo as sobras e desperdícios das dietas pesados diariamente para avaliação do consumo diário.

Os valores dos ingredientes adquiridos na região metropolitana do Recife foram: milho, R\$ 0,55/kg; farelo de soja, R\$ 1,02/kg; farelo de algodão, R\$ 0,56/kg; amido, R\$ 0,80; calcário, R\$ 0,10/kg; fosfato bicálcico, R\$ 2,75/kg; sal comum, R\$ 0,22/kg; óleo de soja, R\$ 2,29/kg; DL- metionina, R\$ 26,17/kg, suplemento mineral, R\$ 5,47/kg; suplemento vitamínico, R\$ 9,54/kg; L-treonina, R\$ 6,36/kg; enzima protease, R\$ 40,25/kg; e enzima fitase R\$ 17,50/kg.

Os custos fixos representados pela mão de obra, depreciação de instalações e equipamentos e juros sobre o capital fixo não se alteram em curto prazo, portanto, são considerados como constantes para todos os tratamentos. Desse modo, não foram computados para efeito comparativo.

A idade dos animais ao abate foi diferente para cada tratamento, pois se esperava que cada animal atingisse o peso médio de 90 kg.

Os parâmetros econômicos considerados foram: receita bruta (RB) e receita bruta anual (RBA), margem bruta (MB) e margem bruta anual (MBA), custo da ração, consumo de ração (CR), custo de arraçamento (CA) e custo de arraçamento anual (CAA) e índice de lucratividade (IL).

Os dados econômicos foram submetidos à análise de variância e teste de Dunnett, utilizando o pacote computacional SISVAR versão 4.6. (FERREIRA, 2003).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à análise econômica encontram-se na Tabela 3. O custo da ração no período total de alojamento dos animais não apresentou diferença significativa quando comparado cada tratamento com a ração referência.

O ganho de peso dos animais que receberam 37,5% sem adição de enzimas foi menor que o peso dos demais tratamentos, pois estes animais consumiram menos ração consequentemente ganharam menos peso. Apesar de levarem mais tempo de criação, atingiram menor peso ao abate (64,0 kg), diferentemente dos demais tratamentos que obtiveram a mesma faixa de peso fixado (90,0 kg). Resultado semelhante foi obtido por Tenório Fireman et al. (2000), quando utilizaram 50% de farelo de arroz integral com e sem adição de diferentes enzimas na alimentação de suínos.

Tabela 3. Análise econômica da produção de suínos no período total de confinamento, submetidos a dietas com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) enzimas
Table 3. Economic analysis of pig production in the total period of confinement, fed diets with different levels of cottonseed meal with (EC) and without (SE) enzymes

Parâmetros Avaliados	Níveis de inclusão do FA (%)					CV (%)	P
	0,0 SE	12,5 CE	25 CE	37,5 CE	37,5 SE		
Tempo de confinamento (dias)	83	83	97	110	110	-	-
Idade de abate (dias)	141	141	155	168	168	-	-
Peso de abate (Kg)	88,5 ^a	90,5 ^a	99,5 ^a	91,2 ^a	64,0 ^b	6,49	0,01
Custo da Ração (R\$/Kg)	0,72 ^a	0,69 ^a	0,67 ^a	0,75 ^a	0,74 ^a	0,395	NS
Receita Bruta (R\$)	217,86 ^a	231,49 ^a	245,89 ^a	227,26 ^a	132,42 ^b	9,31	0,01
Margem Bruta (R\$)	93,13 ^a	92,27 ^a	94,74 ^a	86,11 ^a	43,93 ^b	14,39	0,01
Consumo de ração (kg)	167,97 ^a	186,65 ^a	201,74 ^a	187,59 ^a	117,59 ^b	11,95	0,01
Custo de arraçamento (R\$)	124,73 ^a	139,22 ^a	151,14 ^a	141,16 ^a	88,49 ^b	12,00	0,01
Ganho de peso (kg)	65,88 ^a	72,34 ^a	76,84 ^a	71,02 ^a	41,38 ^b	8,85	0,01

P - nível de significância

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Dunnett.

Tratamentos seguidos NS não diferem significativamente para teste de Dunnett.

CV - coeficiente de variação

A receita bruta (RB), a margem bruta (MB), o consumo de ração (CR) e o custo de arraçamento (CA) do período de confinamento (ciclo) apresentaram resultados semelhantes nos tratamentos com farelo de algodão e enzimas e ração referência, isso devido aos animais terem sido abatidos com o mesmo peso e o consumo de ração ter sido semelhantes no que, conseqüentemente, faz com que o custo do arraçamento e a margem bruta sejam também semelhantes. À exceção do tratamento de 37,5% sem enzimas, que apresentou valores diferentes para estes parâmetros, foi devido ao baixo peso de abate e ao baixo consumo de ração durante o período experimental.

Quando se avaliou estes parâmetros apenas no período de confinamento (ciclo), não é possível ver resultados reais quanto à rentabilidade da utilização do alimento alternativo. Para se ter melhor conclusão, se torna necessária a avaliação anual sobre a utilização destes produtos.

Ao trabalhar com custos anuais, é necessário levar em consideração o período de tempo que a atividade leva para iniciar e terminar, o qual é chamado de ciclo de produção. Logo, devido ao tempo de confinamento deste trabalho ter sido diferente

entre os tratamentos, cada tratamento tem uma quantidade de ciclos anuais diferentes, o que gera grande impacto na rentabilidade anual.

Além da margem bruta anual, que é a diferença entre a receita e as despesas anuais, outro índice econômico importante é o de lucratividade (IL). Conforme Martin (1998), o índice de lucratividade expressa a proporção da margem bruta sobre o custo de produção, isto representa o quanto de retorno financeiro o produtor terá sobre o investimento (custo de produção).

Tabela 4. Análise econômica da produção de suínos no período anual, submetidos a dietas com diferentes níveis de farelo de algodão com (CE) e sem (SE) enzimas

Table 4. Economic analysis of pig production in the annual period, fed diets with different levels of cottonseed meal with (EC) and without (SE) enzymes

Parâmetros Avaliados	Níveis de inclusão do FA (%)					CV (%)	P
	0,0 SE	12,5 CE	25 CE	37,5 CE	37,5 SE		
Tempo de alojamento (dias)	83	83	97	110	110	-	-
Peso de abate (Kg)	88,5 ^a	90,5 ^a	99,5 ^a	91,2 ^a	64,0 ^b	6,49	0,01
Receita Bruta Anual (R\$)	958,05 ^a	1018,0 ^a	925,25 ^a	754,10 ^b	439,38 ^b	8,93	0,01
Custo de Arraçoamento Anual (R\$)	548,51 ^a	612,23 ^a	568,73 ^a	468,38 ^a	293,61 ^b	10,70	0,01
Margem Bruta Anual (R\$)	409,53 ^a	405,76 ^a	356,51 ^a	285,72 ^b	145,77 ^b	14,19	0,01
Quantidades de Ciclos	4,4	4,4	3,8	3,3	3,3	-	-
Índice de lucratividade	0,75 ^a	0,66 ^a	0,63 ^b	0,61 ^b	0,41 ^b	11,01	0,01

P - nível de significância

Tratamentos seguidos de letras diferentes diferem significativamente para teste de Dunnet.

CV - coeficiente de variação

Ao analisar a Tabela 4, pode-se constatar que o índice de lucratividade (IL) apresenta importante diferença, o que deixa apenas o tratamento com 12,5% de inclusão do farelo de algodão com enzimas, semelhante à ração referência, contudo, o parâmetro margem bruta anual (MBA) até o nível de 25% se mostrou semelhante à ração referência. Isso se explica pelo menor tempo de confinamento, proporcionando uma maior quantidade de ciclos por ano.

Conclusão

Recomenda-se a inclusão de até 12,5% de farelo de algodão com adição de enzimas na dieta de suínos em crescimento e terminação, porém com base na Margem

Bruta Anual mostra-se satisfatória a inclusão do farelo de algodão até o nível de 25%, com adição de enzimas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa PROCAD/CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pela concessão da bolsa de mestrado; à DSM, pelo fornecimento das enzimas e à Agropecuária São José, pelo fornecimento do farelo de algodão.

Referências Bibliográficas

- BELLAVER, C.; LUDKE, J. V. Considerações sobre os alimentos alternativos para dietas de suínos. **ENIPEC**. Cuiabá, 2004.
- CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. **Pig News and Information**, v. 15, p. 65, 1994.
- FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR**. Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras. DEX/UFLA, 2003.
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O. Administração da Empresa Agrícola. 3 ed. São Paulo, p. 325. 1981.
- LOPES, M. A.; CARVALHO, F. C. Custo de produção de leite. Lavras-Universidade Federal de Lavras, Boletim Agropecuário, n.32, p.42. 2000.
- MARTIN, N. B. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n.1, p.7-28, 1998.
- PEREIRA, P. W. Z.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; RIZZO, P. V. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **Revista brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 10. 2010.
- POMAR, C.; FORTIN, A.; MARCOUX, M. Estimção do rendimento magro de carcaças suínas com base em diferentes metodologias para medir espessura de gordura e músculo. In: Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, **Anais...** Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pork> Acesso em 20 setembro 2010. 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., FERREIRA, A. S., BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**, 2ª ed, Viçosa UFV. p. 186. 2005.

TENORIO FIREMAN, F. A.; LÓPEZ, J.; KYONARA BARBOSA, A.; TENÓRIO FIREMA, A. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e celulase. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. v. 8, n. 1, p. 18-23. 2000.