

Digestibilidade de dietas suplementadas com fitase para suínos sob diferentes ambientes térmicos

Digestibility of diets supplemented with phytase for pigs under different thermal environments

Charles Kiefer^{I*} Tânia Mara Baptista dos Santos^{II} Mariana de Souza Moura^I
Camilla Mendonça Silva^I Lúcia dos Santos Lucas^I Elaine Mariza Rosa^I

RESUMO

Realizou-se um ensaio de digestibilidade com o objetivo de avaliar níveis de fitase sobre a digestibilidade e excreção de nutrientes para suínos submetidos a condições de conforto e estresse térmico. Foram utilizados 24 suínos machos castrados, alojados em gaiolas metabólicas, em câmara climatizada, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, com dois ambientes (23 e 31°C) e quatro níveis de fitase (0, 300, 600 e 900UF kg⁻¹ de ração), com três repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Concluiu-se que as dietas fornecidas aos suínos submetidos ao estresse térmico (31°C) apresentam menores coeficientes de digestibilidade da proteína, fósforo, cálcio, zinco, ferro e magnésio e, portanto, apresentam maior excreção percentual desses nutrientes nas fezes, quando comparadas às dietas fornecidas aos suínos submetidos à termoneutralidade (23°C). A suplementação de fitase não altera o valor energético da dieta e o coeficiente de digestibilidade da proteína, mas aumenta o coeficiente de digestibilidade de fósforo, cálcio e magnésio e reduz a excreção percentual de fósforo e cálcio nas fezes dos suínos. Recomenda-se o nível de inclusão de 300UF kg⁻¹ de ração, independentemente da condição térmica ambiental.

Palavras-chave: *Aspergillus niger*, dejetos, digestibilidade, enzima, impacto ambiental.

ABSTRACT

We conducted a digestibility trial with the aim of evaluate phytase levels on digestibility and nutrient excretion for pigs submitted to thermoneutral conditions and heat stress. We used 24 barrows housed in metabolic cages in climatic chamber, distributed in randomized blocks in a 2x4 factorial design, two environments (23 and 31°C) and four phytase

levels (0, 300, 600 and 900UF kg⁻¹ diet), with three replicates and each experimental unit consists of one animal. It was concluded that pigs submitted to high ambient temperatures (31°C) have worse digestibility of protein, phosphorus, calcium, zinc, iron and magnesium and therefore have a higher percentage of nutrients excreted in feces when compared to pigs submitted to thermoneutral environment (23°C). Phytase supplementation did not alter the energy value of feed and the digestibility coefficient of protein, but it increases the digestibility coefficient of phosphorus, calcium and magnesium and reduces the percentage of phosphorus and calcium in the faeces of pigs. We recommend the inclusion level of 300UF kg⁻¹ feed, regardless of the environmental thermal condition.

Key words: *Aspergillus niger*, waste, digestibility, enzyme, environmental impact.

INTRODUÇÃO

As dietas tradicionais dos suínos no Brasil são constituídas basicamente por milho e farelo de soja. Esses ingredientes possuem aproximadamente dois terços do fósforo na forma de fitato, cuja disponibilidade é baixa para os monogástricos (ADEOLA & SANDS, 2003). Nesse sentido, a fitase exógena tem sido empregada com objetivo de aumentar a disponibilidade de fósforo e outros minerais (JENDZA et al., 2005). Além disso, dependendo do preço dos ingredientes, a fitase pode reduzir o custo das dietas, uma vez que possibilita a redução da inclusão de fósforo inorgânico.

^IUniversidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), 79074-460, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: charles.kiefer@ufms.br.

*Autor para correspondência.

^{II}Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana, MS, Brasil.

Além do fitato, existem os fatores ambientais que também podem afetar os suínos. Sabe-se que animais submetidos a temperaturas ambientais efetivas acima da zona de conforto térmico apresentam mecanismos comportamentais, físicos e químicos para redução das taxas metabólicas e, conseqüentemente, da produção de calor. A redução da concentração dos hormônios tireoidianos no soro (OLIVEIRA & DONZELE, 1999), redução da atividade metabólica de órgãos como o fígado, rins e intestinos (GUERNSEY & STEVENS, 1977), que são os responsáveis por grande parte da produção de calor corporal e o aumento da frequência respiratória, podem ocasionar desvios de nutrientes, reduzindo a taxa e a eficiência de sua utilização para o crescimento (KIEFER et al., 2009).

Portanto, é necessário ampliar os conhecimentos quanto à utilização da fitase, relacionando as questões nutricionais e suas interações com o ambiente térmico. Realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar níveis de fitase sobre a digestibilidade e excreção de nutrientes em dietas formuladas a base de milho e farelo de soja para suínos submetidos a condições de termoneutralidade (23°C) e de estresse térmico (31°C).

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade foi realizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande/MS. Foram utilizados 24 suínos, machos castrados de mesmo padrão genético, alojados em câmara climatizada equipada com gaiolas metabólicas, tendo 12 animais sido alojados sob ambiente de termoneutralidade (23°C), com peso inicial de 44,9±7,1kg e 12 animais sob ambiente de estresse por calor (31°C), com peso inicial de 50,4±1,3kg.

Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, constituído por dois ambientes térmicos (23°C e 31°C) e quatro níveis de fitase (0, 300, 600 e 900UF kg⁻¹ de ração), com três repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Na formação dos blocos, levou-se em consideração o peso inicial dos animais para cada ambiente térmico avaliado.

Durante o período experimental, a temperatura e a umidade relativa da sala foram monitoradas diariamente, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), para caracterizar o ambiente térmico em que os animais foram mantidos. O ensaio de digestibilidade teve duração de 12 dias, sendo sete

dias para a adaptação dos animais às gaiolas, ao ambiente e às dietas experimentais e cinco dias para as coletas de fezes e urina.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram preparadas a base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, aminoácidos e minerais, exceto fósforo, sendo formuladas de acordo com ROSTAGNO et al. (2005). Os diferentes níveis de fitase foram obtidos pela inclusão de fitase exógena (mínimo de 10.000UF g⁻¹ de produto) em substituição ao caulim. A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base no consumo durante o período de adaptação e no peso metabólico (PM^{0,75}), sendo mantido constante durante o período experimental. A quantidade de ração calculada para o consumo diário foi subdividida em duas refeições diárias (8 e 16 horas), sendo oferecida úmida para evitar desperdícios e facilitar a ingestão. A água foi fornecida à vontade aos animais.

Foi adotada a metodologia de coleta total das fezes. Para definir o início e o término do período de coleta foram adicionados 2% de óxido férrico (Fe₂O₃) às dietas como marcador indigerível. As fezes foram coletadas diariamente às 8h30min e 16h30min, foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer. Ao término do experimento, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e retirou-se uma amostra de aproximadamente 300g para a realização das análises laboratoriais. A urina excretada foi drenada em baldes plásticos equipados com filtro e contendo 20ml de HCl (1:1) para evitar a proliferação bacteriana e perdas de nitrogênio. A coleta foi realizada diariamente visando mensurar o volume produzido. Posteriormente, coletou-se 10% do volume total produzido por animal para ser armazenada em freezer para a realização das análises laboratoriais.

As determinações da matéria seca, cinzas, fósforo e proteína das dietas, fezes e urina foram realizadas de acordo com metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). A energia bruta (EB) das dietas, fezes e urina foram determinadas utilizando a bomba calorimétrica e os teores de cálcio, ferro, zinco e magnésio foram determinados por meio de espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com AOAC (1984). A partir das concentrações de EB das dietas, fezes e urina, foram determinadas a energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das dietas experimentais. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes foram calculados conforme SAKOMURA & ROSTAGNO (2007). Os minerais da água foram desconsiderados, devido às concentrações insignificantes.

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.

| Ingredientes | -----Fitase (UF kg ⁻¹ de ração) ----- | | | |
|--|--|--------|--------|--------|
| | 0 | 300 | 600 | 900 |
| Milho | 74,691 | 74,691 | 74,691 | 74,691 |
| Farelo de soja (45%) | 22,762 | 22,762 | 22,762 | 22,762 |
| Calcário | 1,234 | 1,234 | 1,234 | 1,234 |
| Mistura mineral ¹ | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Mistura vitamínica ² | 0,400 | 0,400 | 0,400 | 0,400 |
| Sal comum | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,321 |
| L-Lisina HCl | 0,304 | 0,304 | 0,304 | 0,304 |
| L-Treonina | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,078 |
| DL-Metionina | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Fitase | 0,000 | 0,030 | 0,060 | 0,090 |
| Caulim | 0,090 | 0,060 | 0,030 | 0,000 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| -----Composição nutricional calculada*----- | | | | |
| Proteína bruta (%) | 16,85 | 16,85 | 16,85 | 16,85 |
| Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹) | 3.230 | 3.230 | 3.230 | 3.230 |
| Lisina total (%) | 1,077 | 1,077 | 1,077 | 1,077 |
| Lisina digestível (%) | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,953 |
| Treonina digestível (%) | 0,621 | 0,621 | 0,621 | 0,621 |
| Met+Cist digestível (%) | 0,572 | 0,572 | 0,572 | 0,572 |
| Triptofano digestível (%) | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| Cálcio (%) | 0,551 | 0,551 | 0,551 | 0,551 |
| Fósforo disponível (%) | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Fósforo total (%) | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 |
| Sódio (%) | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |

¹ Conteúdo por quilograma de produto: ferro, 100g; cobre, 10g; cobalto, 0,2g; manganês, 30g; zinco, 100g; iodo, 1,0g; selênio, 0,3g e excipiente q.s.p., 1000g.

² Conteúdo por quilograma de produto: Vit. A, 6.000.000UI; Vit. D₃, 1.000.000UI; Vit. E, 12.000UI; Vit. B₁, 0,5g; Vit. B₂, 2,6g; Vit. B₆, 0,7g; ácido pantotênico, 10g; Vit. K₃, 1,5g; ácido nicotínico, 22g; Vit. B12, 0,015g; ácido fólico, 0,2g; biotina, 0,05g; colina, 100g e excipiente q.s.p., 1000g.

* Composição nutricional calculada de acordo com ROSTAGNO et al. (2005).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM. Adotou-se o modelo estatístico representado por: $y_{jik} = \mu + b_j + f_i + a_k + p_{fik} + e_{jik}$; em que y_{jik} é o valor observado da variável resposta que pertence à gaiola jik ; μ = estimativa da média geral; b_j = efeito do bloco j ; f_i = efeito do nível de fitase i ; a_k = efeito do ambiente térmico k ; f_{aik} = efeito da interação entre o nível de fitase i e o ambiente térmico k ; e_{jik} = erro experimental. Realizou-se o desdobramento da interação fitase x ambiente, avaliando-se os níveis de fitase dentro de cada ambiente térmico. O efeito dos níveis de fitase foi desdobrado em componentes linear, quadrático ou modelo descontínuo *linear response plateau*. As diferenças entre médias para o fator ambiente foram comparadas pelo Teste F. As análises foram realizadas por intermédio de programa estatístico, em nível de 10% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ambiente de conforto térmico, a temperatura do ar da sala foi 23,4±1,2°C, a umidade relativa foi 87,6±8,4%, a temperatura de globo negro foi 23,9±0,9°C e o ITGU de 72,9±1,1. A temperatura média do ar registrada nesse ambiente pode ser considerada como de termoneutralidade por estar entre 18 a 26°C, que é a faixa de temperaturas proposta como ideal para essa categoria (PERDOMO, 1994). Por sua vez, no ambiente de estresse por calor, a temperatura do ar da sala foi 30,4±2,3°C, a umidade relativa foi 76,0±9,4%, a temperatura de globo negro foi 31,6±1,4°C e o ITGU calculado foi 81,9±1,7. A temperatura média do ar registrada neste tratamento pode ser considerada como de estresse por calor, por estar acima da temperatura crítica máxima de 27°C estabelecida para a categoria (SAMPAIO et al., 2004).

Não houve interação ($P > 0,10$) entre os níveis de fitase e o ambiente térmico sobre a excreção de nutrientes (Tabela 2). Suínos submetidos ao ambiente com temperaturas elevadas (31°C) apresentaram maior excreção percentual de proteína bruta ($P < 0,07$), fósforo e cálcio ($P < 0,01$), zinco e magnésio ($P < 0,03$) nas fezes. Por outro lado, a excreção de ferro não foi influenciada ($P > 0,10$) pelo ambiente térmico. A temperatura do ar é um dos fatores de maior influência sobre o comportamento, fisiologia e metabolismo dos suínos, uma vez que eles possuem baixa capacidade de perda de calor em situações de temperaturas ambientais elevadas (HUYNH et al., 2005). Nessas condições, ocorre a redução dos níveis de hormônios T3 e T4 circulantes (OLIVEIRA & DONZELE, 1999), o que leva à redução da atividade da bomba de sódio (Na^+ , K^+ e ATPase) e à redução da atividade metabólica do fígado, rins e intestinos, visando a minimizar a produção de calor corporal (GUERNSEY & STEVENS, 1977). A redução do peso do fígado, intestinos, pâncreas e rins

está diretamente correlacionada à redução da produção de calor corporal (KOONG et al., 1982), fato que, provavelmente, explica a redução da digestibilidade observada nas dietas fornecidas aos suínos submetidos a temperaturas ambientais de 31°C no presente estudo.

A suplementação de fitase na dieta influenciou ($P < 0,01$) na porcentagem de fósforo e de cálcio excretado nas fezes e os resultados foram melhores ajustados pelo modelo *linear response plateau*, indicando a redução da excreção desses nutrientes até o nível de 300UF kg^{-1} de ração, nível a partir do qual a excreção percentual dos nutrientes manteve-se constante no platô, segundo as equações $Y = 15,10167 - 0,0268x$, $R^2 = 94,0$ e $Y = 5,61108 - 0,00656x$, $R^2 = 88,4$, respectivamente, para a excreção de fósforo e cálcio.

Esse resultado é semelhante aos obtidos por FIGUEIRÊDO et al. (2000) que, avaliando dietas formuladas com farelo de arroz integral, para suínos em crescimento, contendo dois níveis de fósforo total (0,34

Tabela 2 - Excreção de nutrientes de suínos em crescimento alimentados com dietas suplementadas com fitase sob diferentes ambientes térmicos.

| Variáveis | Ambiente | -----Fitase (UF kg^{-1} de ração) ----- | | | | Média | -----<P----- | | | CV (%) |
|------------------|----------------------|---|-------|-------|-------|--------------------|--------------|------|------|--------|
| | | 0 | 300 | 600 | 900 | | A | F | A*F | |
| PB excretada, % | 23°C | 17,05 | 15,99 | 13,04 | 12,11 | 14,77 ^b | 0,07 | 0,26 | 0,84 | 22,42 |
| | 31°C | 20,30 | 16,56 | 16,43 | 17,36 | 17,89 ^a | | | | |
| | Média | 18,68 | 16,28 | 14,74 | 14,74 | | | | | |
| P excretado, %* | 23°C | 13,84 | 4,92 | 4,21 | 3,50 | 6,62 ^b | 0,01 | 0,01 | 0,78 | 25,94 |
| | 31°C | 17,33 | 9,74 | 10,53 | 8,51 | 11,53 ^a | | | | |
| | Média | 15,59 | 7,33 | 7,37 | 6,00 | | | | | |
| Ca excretado, %* | 23°C | 4,85 | 1,66 | 2,51 | 1,79 | 2,70 ^b | 0,01 | 0,02 | 0,77 | 33,65 |
| | 31°C | 6,76 | 5,28 | 5,33 | 4,68 | 5,51 ^a | | | | |
| | Média | 5,81 | 3,47 | 3,92 | 3,24 | | | | | |
| Zn excretado, % | 23°C | 17,63 | 13,95 | 15,03 | 12,03 | 14,66 ^b | 0,03 | 0,25 | 0,53 | 17,63 |
| | 31°C | 18,14 | 16,23 | 17,67 | 17,46 | 17,38 ^a | | | | |
| | Média | 17,89 | 15,09 | 16,35 | 14,75 | | | | | |
| Fe excretado, % | 23°C | 18,17 | 16,24 | 23,51 | 12,14 | 17,52 | 0,73 | 0,76 | 0,55 | 31,16 |
| | 31°C | 31,70 | 21,33 | 20,88 | 20,35 | 23,57 | | | | |
| | Média | 24,94 | 18,79 | 22,20 | 16,25 | | | | | |
| Mg excretado, % | 23°C | 16,07 | 10,94 | 16,21 | 15,21 | 12,40 ^b | 0,03 | 0,13 | 0,65 | 23,00 |
| | 31°C | 17,62 | 13,82 | 12,42 | 9,68 | 15,72 ^a | | | | |
| | Média | 16,85 | 14,32 | 12,67 | 12,45 | | | | | |

PB (proteína bruta); P (fósforo); Ca (cálcio); Zn (zinco); Fe (ferro); Mg (magnésio).

Médias na coluna seguidas por letras distintas entre linhas diferem, em nível de 5% de significância, pelo teste F.

* Efeito *linear response plateau* ($P < 0,01$).

e 0,56%), observaram que a suplementação de fitase (1.250UF kg⁻¹ de ração) reduziu em 44,7% o teor de fósforo excretado nas fezes, melhorando a disponibilidade do nutriente. Da mesma forma, MOREIRA et al. (2003) observaram aumento da digestibilidade do fósforo com o aumento do nível de fitase até 931UF kg⁻¹ de ração.

A suplementação de fitase nas dietas não influenciou (P>0,10) na excreção de proteína, zinco, ferro e magnésio nas fezes. A fitase atua sobre os grupos fosfóricos das moléculas de fitato, podendo liberar fósforo e outros nutrientes (CROMWELL et al.,

1995), porém tem-se constatado que a principal ação da enzima é sobre a liberação do fósforo, ao passo que a ação sobre os demais minerais é dependente do tipo de fitato em função dos diferentes cereais (ADEOLA & SANDS, 2003).

Não houve interação (P>0,10) entre os níveis de fitase e o ambiente térmico sobre os valores de ED e EM e sobre os coeficientes de digestibilidade da energia e dos nutrientes avaliados (Tabela 3). Dietas fornecidas a suínos submetidos à termoneutralidade apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade da proteína (P<0,09), do fósforo (P<0,01), do cálcio (P<0,02), do

Tabela 3 - Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes para suínos em crescimento em dietas suplementadas com fitase sob diferentes ambientes térmicos.

| Variáveis | Ambiente | -----Fitase (UF kg ⁻¹ de ração)----- | | | | Média | -----<P----- | | | CV (%) |
|---------------------------|----------|---|-------|-------|-------|--------------------|--------------|------|------|--------|
| | | 0 | 300 | 600 | 900 | | A | F | A*F | |
| ED, kcal kg ⁻¹ | 23°C | 3.332 | 3.330 | 3.274 | 3.321 | 3.314 | 0,87 | 0,88 | 0,99 | 3,14 |
| | 31°C | 3.307 | 3.312 | 3.288 | 3.321 | 3.307 | | | | |
| | Média | 3.320 | 3.321 | 3.281 | 3.321 | | | | | |
| EM, kcal kg ⁻¹ | 23°C | 3.281 | 3.271 | 3.219 | 3.267 | 3.260 | 0,94 | 0,68 | 0,95 | 3,04 |
| | 31°C | 3.239 | 3.228 | 3.239 | 3.253 | 3.242 | | | | |
| | Média | 3.260 | 3.254 | 3.229 | 3.260 | | | | | |
| CDaPB, % | 23°C | 82,95 | 84,01 | 86,95 | 83,64 | 84,38 ^a | 0,09 | 0,71 | 0,78 | 5,77 |
| | 31°C | 79,70 | 83,44 | 80,64 | 79,66 | 80,86 ^b | | | | |
| | Média | 81,32 | 83,72 | 83,79 | 81,65 | | | | | |
| CDaP, %* | 23°C | 86,16 | 95,08 | 95,78 | 96,50 | 93,38 ^a | 0,01 | 0,01 | 0,78 | 2,59 |
| | 31°C | 82,67 | 90,26 | 89,46 | 91,47 | 88,47 ^b | | | | |
| | Média | 84,41 | 92,67 | 92,62 | 93,99 | | | | | |
| CDaCa, %* | 23°C | 95,15 | 98,34 | 97,49 | 98,20 | 97,27 ^a | 0,02 | 0,01 | 0,77 | 1,44 |
| | 31°C | 93,23 | 94,72 | 94,67 | 95,32 | 94,48 ^b | | | | |
| | Média | 94,19 | 96,53 | 96,08 | 96,76 | | | | | |
| CDaZn, % | 23°C | 82,37 | 86,05 | 84,97 | 87,97 | 85,34 ^a | 0,03 | 0,25 | 0,52 | 3,36 |
| | 31°C | 81,85 | 83,76 | 82,32 | 82,54 | 82,62 ^b | | | | |
| | Média | 82,11 | 84,91 | 83,65 | 85,25 | | | | | |
| CDaFe, % | 23°C | 85,01 | 84,47 | 76,49 | 87,86 | 83,57 ^a | 0,09 | 0,14 | 0,24 | 4,54 |
| | 31°C | 81,83 | 81,29 | 79,12 | 79,65 | 80,47 ^b | | | | |
| | Média | 83,42 | 82,88 | 77,81 | 83,76 | | | | | |
| CDaMg, %* | 23°C | 83,93 | 89,39 | 88,95 | 90,32 | 88,08 ^a | 0,02 | 0,06 | 0,95 | 3,64 |
| | 31°C | 82,38 | 86,18 | 83,79 | 85,51 | 84,37 ^b | | | | |
| | Média | 83,16 | 87,79 | 86,37 | 87,92 | | | | | |

ED (energia digestível); EM (energia metabolizável); CDaPB (coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta); CDaP (coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo); CDaCa (coeficiente de digestibilidade aparente do cálcio); CDaZn (coeficiente de digestibilidade aparente do zinco); CDaFe (coeficiente de digestibilidade aparente do ferro); CDMg (coeficiente de digestibilidade aparente do magnésio). Médias na coluna seguidas por letras distintas entre linhas diferem, ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste F.

* Efeito *linear response plateau* (P<0,01).

zinco ($P < 0,03$), do ferro ($P < 0,09$) e do magnésio ($P < 0,02$). Contudo, os valores de ED e EM das dietas experimentais não foram afetados ($P > 0,10$) pelos ambientes térmicos.

Como consequência da menor excreção nas fezes, a suplementação de fitase também influenciou ($P < 0,01$) nos coeficientes de digestibilidade do fósforo e cálcio, assim como do magnésio, e o modelo *linear response plateau* foi o que melhor ajustou as respostas para estes parâmetros, indicando aumento do coeficiente de digestibilidade destes nutrientes até o nível de 300UF kg⁻¹ de ração, nível a partir do qual os coeficientes mantiveram-se constantes no platô, conforme as equações: $Y = 84,89833 + 0,02680x$, $R^2 = 92,7$; $Y = 94,38892 + 0,00656x$, $R^2 = 95,9$ e $Y = 83,68817 + 0,01059x$, $R^2 = 86,0$, respectivamente, para o fósforo, cálcio e magnésio.

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se constatar aumento de 8,9% na digestibilidade do fósforo com a suplementação de 300UF kg⁻¹ de ração em relação à dieta não suplementada. Aumentos do coeficiente de digestibilidade do fósforo a partir da suplementação de fitase também foram constatados por outros pesquisadores, porém com valores superiores ao observado no presente estudo. Conforme KETAREN et al. (1993), a suplementação de 1.000UF kg⁻¹ aumentou em 53,0% a digestibilidade do fósforo aparente do farelo de soja para suínos em crescimento e terminação. Também FIGUEIRÊDO et al. (2000) constataram aumento de 40,8% da digestibilidade do fósforo do farelo de arroz integral com a suplementação de 1.250UF kg⁻¹ de ração.

Ao se avaliar a digestibilidade de cálcio no presente estudo, pode-se inferir que a fitase na concentração de 300UF kg⁻¹ de ração aumentou em 2,4% seu coeficiente de digestibilidade em relação à dieta não suplementada. MACHINSKY et al. (2010), em pesquisa com suínos em crescimento e dietas contendo dois níveis de cálcio (0,5 ou 0,72%), suplementadas ou não com 500UF de fitase kg⁻¹ de ração, verificaram que a digestibilidade de cálcio também aumentou significativamente em dietas contendo fitase.

A suplementação de fitase não influenciou ($P > 0,10$) nos valores de ED e EM das dietas, bem como nos coeficientes de digestibilidade da proteína, zinco e ferro. Em geral, os resultados relacionados aos efeitos da fitase sobre a digestibilidade do nitrogênio e aminoácidos das dietas têm sido inconsistentes (ADEOLA & SANDS, 2003) e, em várias pesquisas, a suplementação de fitase não melhorou a digestibilidade ileal dos aminoácidos (TRAYLOR et al., 2001), nem a digestibilidade da fração proteica da dieta

(MACHINSKY et al., 2010), de forma similar à resposta observada no presente estudo.

CONCLUSÃO

Dietas fornecidas para suínos submetidos a temperaturas ambientais elevadas (31°C) apresentam piores coeficientes de digestibilidade da proteína, fósforo, cálcio, zinco, ferro e magnésio e, portanto, apresentam maior excreção percentual desses nutrientes nas fezes, quando comparados aos suínos submetidos à termoneutralidade. A suplementação de fitase não altera o valor energético da dieta e o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, mas aumenta o coeficiente de digestibilidade de fósforo, cálcio e magnésio da dieta e reduz a excreção percentual de fósforo e cálcio nas fezes dos suínos. O nível de inclusão recomendado é de 300UF kg⁻¹ de ração, independentemente da condição térmica ambiental.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo financiamento deste estudo.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Protocolo comitê de ética nº 315/2011.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; SANDS, J.S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. *Journal of Animal Science*, v.81, E78-E85, 2003. Disponível em: <http://jas.fass.org/content/81/14_suppl_2/E78.full.pdf+html>. Acesso em: 10 mar. 2011.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**. 14.ed. Arlington, 1984. 1141p.
- CROMWELL, G.L. et al. Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. *Journal of Animal Science*, v.73, p.449-456, 1995. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/73/2/449.full.pdf+html>>. Acesso em: 05 mar. 2011.
- FIGUEIRÊDO, A.V. et al. Ação da 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 de Zootecnia*, v.29, p.177-182, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982000000100024>. Acesso em: 10 abr. 2011. doi: 10.1590/S1516-35982000000100024.
- GUERNSEY, D.L.; STEVENS, E.D. The cell membrane sodium pump as a mechanism for increasing thermogenesis during cold acclimation in rats. *Science*, v.196, p.908-909, 1977. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/196/4292/>>

- 908.full.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2011. doi: 10.1126/science.860125.
- HUYNH, T.T.T. et al. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1385-1396, 2005. Disponível em: <http://www.animal-science.org/content/83/6/1385.full.pdf+html>. Acesso em: 25 nov. 2011.
- JENDZA, J.A. et al. *Escherichia coli* phytase improves growth performance of starter, grower, and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1882-1889, 2005. Disponível em: <http://www.animal-science.org/content/83/8/1882.full.pdf+html>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- KETAREN, P.P. et al. Phosphorus studies in pig. 3. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soybean meal for grower pigs. **British Journal of Nutrition**, v.70, p.289-311, 1993. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN70_01%2FS0007114593001242a.pdf&code=b7194c3e0d9b575850aadcbedad50cd>. Acesso em: 15 mar. 2011. doi: 10.1079/BJN19930123.
- KIEFER, C. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.55-64, 2009. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v58n221/art6.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2011. doi: 10.4321/S0004-05922009000100006.
- KOONG, L.J. et al. Effects of plane of nutrition on organ size and fasting heat production in pigs. **Journal of Nutrition**, v.112, p.1638-1642, 1982. Disponível em: <http://jn.nutrition.org/content/112/8/1638.long>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- MACHINSKY, T.G. et al. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. **Ciência Rural**, v.40, p.2350-2355, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010001100016&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 abr. 2011. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001100016.
- MOREIRA, J.A. et al. Biodisponibilidade e perdas endógenas mínimas de P em dietas com níveis crescentes de fitase para suínos em crescimentos pela técnica de diluição isotópica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.350-356, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352003000300016&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 mar. 2011. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352003000300016.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. Effect of environmental temperature on performance and on physiological and hormonal parameters of gilts fed at different levels of digestible energy. **Animal Feed Science and Technology**, v.81, p.319-331, 1999. Disponível em: <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/A/Animal%20Feed%20Science%20and%20Technology/Vol81.Issue3-4.Oct1999/10391.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2011.
- PERDOMO, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: CBNA, 1994. p.19-26.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2007. 283p.
- SAMPAIO, C.A.P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v.34, p.785-790, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n3/a20v34n3.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2011. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000300020.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- TRAYLOR, S.L. et al. Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2634-2642, 2001. Disponível em: <http://jas.fass.org/content/79/10/2634.full.pdf+html>. Acesso em: 15 abr. 2011.