

## Efeito da Fitase em Dietas com ou sem Fosfato Inorgânico para Suínos em Crescimento<sup>1</sup>

Maria do Carmo Mohaupt Marques Lüdke<sup>2</sup>, Jorge López<sup>3</sup>, Sérgio Nicolaiewsky<sup>4</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência da fitase em relação à do fosfato inorgânico (fosfato bicálcico), quando adicionado em dietas sem e com farelo de arroz desengordurado (FAD). Foram utilizados 128 suínos (50% machos castrados e 50% fêmeas) alojados em baias coletivas para se avaliar o desempenho e determinar na fase de crescimento a digestibilidade do cálcio e do fósforo, por intermédio do método do indicador (óxido crômico), e a concentração de cálcio e fósforo na vértebra coccígea dos animais. Foram usados oito tratamentos, sendo quatro dietas sem FAD (milho e farelo de soja) e quatro dietas com 30% de FAD. Foram adicionados níveis de 0, 750 e 1000 UF (Unidades de Fitase)/kg em ambas as dietas com e sem FAD, sendo que a terceira dieta sem FAD apresentou 750 UF/kg sem fosfato inorgânico, enquanto nas dietas com FAD uma delas não foi suplementada nem com fitase, nem com fosfato bicálcico. Dietas com e sem FAD suplementadas com fitase tiveram a mesma eficiência que as suplementadas com fosfato bicálcico sobre o desempenho dos animais. Entretanto, a fitase ocasionou redução na excreção de cálcio e fósforo, nas fezes e na composição óssea dos animais, somente quando foi suplementada em dietas sem FAD.

Palavras-chave: cálcio, farelo de arroz desengordurado, fitase, fósforo, suínos

### Effect of Phytase in Diets with or without Inorganic Phosphate to Growing Pigs

**ABSTRACT** - The objective of this trial was to compare the efficiency of phytase with an inorganic phosphate (dicalcium phosphate) when added to diets with or without defatted rice bran (DRB). One hundred and twenty eight pigs (50% barrows and 50% gilts) were housed in collective cages to evaluate the animals performance in the growing phase, and to determine the digestibility of the calcium and phosphorus using chromium oxide as an indicator and the concentration of calcium and phosphorus in the coccyces vertebra of the animals. Eight treatments were used: four diets without DRB (corn-soybean meal) and four diets with 30% of DRB. Phytase levels of 0, 750 and 1000 PU/kg were added to both diets with or without DRB, and the third one without DRB presented 750 PU/kg without inorganic phosphate, while in the diets with DRB one of them was not supplemented neither with phytase and nor with inorganic phosphate. Diets with or without DRB supplementation showed the same efficiency on the performance of the animals as that ones supplemented with dicalcium phosphate. However, phytase reduced the excretion of calcium and phosphorus in the feces and in the bone composition of the animals, only when was supplemented in diets without DRB.

Key Words: calcium, defatted rice bran, phosphorus, phytase, pigs

### Introdução

A maioria das dietas para suínos e aves é composta por ingredientes de origem vegetal, em especial milho e farelo de soja. Um alimento que pode substituir parcialmente o milho é o farelo de arroz, seja integral ou desengordurado, por ser um subproduto importante como fonte de energia (farelo de arroz integral), proteína, fósforo e outros minerais. O farelo de arroz integral ou desengordurado apresenta teores altos de fósforo total, o qual está, em grande parte, indisponível para os não-ruminantes, pois apenas 20-

25% deste fósforo são disponíveis e o restante se encontra na forma de fitato (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1998).

De acordo com LEHNINGER (1993), o fitato ou fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexa-fosfato de inositol), que é encontrado nos vegetais. Por causa do seu grupo ortofosfato, altamente ionizado, este complexo com uma variedade de cátions (Ca, Fe, Cu, Zn, Mn e Mg). Em virtude da ocorrência deste fator antinutricional para os não-ruminantes nos alimentos de origem vegetal, há necessidade de suplementar o

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado apresentada pela primeiro autor à Faculdade de Agronomia da UFRGS, como um dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Zootecnia.

<sup>2</sup> Zootecnista, Doutora, Bolsista Recém-Doutor do CNPq na EMBRAPA-CNPQA.

<sup>3</sup> Professor Titular do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

fósforo com fonte inorgânica, que, em geral, é caro, e determinar o teor de fósforo nas dietas em quantidades acima da exigência do animal. Com isso, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para os não-ruminantes, juntamente com o excesso de fosfato inorgânico adicionados às dietas são eliminados nas fezes dos animais. Segundo CROMWELL e COFFEY (1991), o total de fósforo excretado por suínos e aves anualmente, nos Estados Unidos, é de 320.000 toneladas, correspondendo a 1/3 de todo o fósforo excretado pelas várias espécies de animais. O fosfato, uma vez em contato com a superfície das águas, estimula o crescimento das algas, processo chamado de eutroficação, resultando em decréscimo na quantidade de oxigênio, criando, assim, meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos (CROMWELL et al., 1993).

Segundo STILLBORN (1998), existem várias estratégias para reduzir a excreção de fósforo, com os seguintes objetivos: (1) utilizar fosfatos altamente disponíveis no alimento; (2) formular dietas a base de fósforo disponível; (3) evitar super-suplementação de fosfato inorgânico nas dietas; e (4) suplementar as dietas com fitase. Esta enzima é produzida industrialmente pelos fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*, por intermédio de técnicas de recombinação de DNA. A fitase microbiana cataliza a desfosforilação dos resíduos de seis átomos de carbono do ácido fítico, tendo início no carbono 3 (PALLAUF e RIMBACH, 1995). O potencial de uso desta enzima é determinado por fatores econômicos, pela menor necessidade de adição de fosfato inorgânico, aumentando o uso de fósforo de origem vegetal e resultando em redução de 20 a 30% na excreção de fósforo (SIMONS et al., 1990).

Pelo exposto acima, o objetivo deste trabalho foi verificar se, por meio da adição de fitase, o fósforo e o cálcio provenientes dos alimentos orgânicos tornam-se mais disponíveis para os suínos em crescimento, e se a enzima apresenta tanta eficiência quanto o suplemento inorgânico de fósforo no desempenho dos animais e na redução da quantidade destes minerais nas fezes desses animais.

### Material e Métodos

O trabalho experimental foi conduzido nas instalações da AVIPAL S.A., localizada no município de Porto Alegre - RS, no período de 15 de fevereiro a 29 de março de 1997, totalizando 42 dias. Foram utilizados 128 leitões, filhos de fêmeas CAMBOROUGH

15 com macho 45 (marca da empresa Agrocerec Pic), com peso inicial médio de 21,16 kg. Os animais foram alojados em 32 baias coletivas com quatro animais/baia, separados por sexo, sendo 16 baias para machos castrados e 16 baias para fêmeas, e pesados no início e no final da fase de crescimento, para avaliação de seu desempenho.

As dietas experimentais foram constituídas à base de milho e farelo de soja, com ou sem 30% de farelo de arroz desengordurado (FAD), suplementadas ainda com minerais e vitaminas, de acordo com as recomendações mínimas do NRC (1988), tendo como fonte inorgânica o fosfato bicálcico (FB). Os tratamentos foram os seguintes: (1) milho e farelo de soja, com FB, 0 UF (Unidades de Fitase)/kg da dieta (M e FS, C/FB, 0 UF); (2) milho e farelo de soja, com FB, 750 UF/kg da dieta (M e FS, C/FB, 750 UF); (3) milho e farelo de soja, sem FB, 750 UF/kg da dieta (M e FS, S/FB, 750 UF); (4) milho e farelo de soja, sem FB, 1000 UF/kg da dieta (M e FS, S/FB, 1000 UF); (5) milho, farelo de soja e 30% FAD, com FB, 0 UF/kg da dieta (M, FS e FAD, C/FB, 0 UF); (6) milho, farelo de soja e 30% FAD, sem FB, 0 UF/kg da dieta (M, FS e FAD, S/FB, 0 UF); (7) milho, farelo de soja e 30% FAD, sem FB, 750 UF/kg da dieta (M, FS e FAD, S/FB, 750 UF); e (8) milho, farelo de soja e 30% FAD, sem FB, 1000 UF/kg da dieta (M, FS e FAD, S/FB, 1000 UF). As dietas foram isoprotéicas com 16% de proteína bruta e isoenergéticas com 3.300 kcal de energia metabolizável/kg, sendo fornecidas de forma farelada e à vontade. Foram pesados o desperdício e as sobras da dieta para avaliação do consumo de alimento semanalmente. A água foi oferecida à vontade. Foi coletada uma amostra da dieta de cada tratamento, para análise químico-bromatológica, além da determinação do cálcio e fósforo, segundo o método prescrito pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (1984). A composição dos ingredientes usados nas dietas encontra-se na Tabela 1 e a composição das dietas com a respectiva análise químico-bromatológica ou calculada, na Tabela 2.

A enzima utilizada, NATUPHOS 5000, fornecida pela BASF, é a marca registrada da fitase obtida por meio da fermentação com fungos do grupo *Aspergillus niger*, em que uma unidade de atividade de fitase é definida pela quantidade de enzima que libera 1 micromol de fósforo em 1 minuto num substrato de sódio-fitato a 37°C em pH 5,5. A adição da fitase nas dietas seguiu a proporção existente entre a unidade da enzima e o suplemento inorgânico de fósforo, ou

Tabela 1 - Composição dos ingredientes  
Table 1 - Composition of the ingredients

Nutriente <i>Nutrient</i>	Ingrediente <i>Ingredient</i>					
	Milho <i>Corn</i>	Farelo de Soja <i>Soybean meal</i>	FAD <i>DRB</i>	Óleo <sup>2</sup> <i>Oil</i>	Calcáreo <i>Limestone</i>	Ipifosc 20 <sup>3</sup> <i>Phosphate</i>
PB (CP), %	8,00	44,00	14,00	0,00	0,00	0,00
Lisina (Lysine), %	0,24	2,75	0,61	0,00	0,00	0,00
Metionina (Methionine), %	0,17	0,61	0,26	0,00	0,00	0,00
Triptofano (Tryptophan), %	0,04	0,60	0,21	0,00	0,00	0,00
EM (ME) (kcal/kg) <sup>4</sup>	3350	3220	2865	7234	0,00	0,00
EE, %	3,65	1,16	2,40	95,40	0,00	0,00
FB (CF), %	1,70	5,87	12,90	0,00	0,00	0,00
Cálcio (Calcium), %	0,02	0,27	0,85	0,00	36,00	20,50
P Total (Total P), %	0,28	0,65	2,02	0,00	0,04	20,00
P Disponível (Avail. P), % <sup>4</sup>	0,08	0,27	0,60	0,00	0,04	20,00

<sup>1</sup> Valores determinados pela AVIPAL S/A (Analyzed by AVIPAL S/A).

<sup>2</sup> Óleo de soja (Soybean Oil).

<sup>3</sup> Fosfato bicálcico (Dicalcium phosphate).

<sup>4</sup> Valor tabelado segundo NRC, 1988 (Value according to NRC, 1988).

seja, a atividade de 500 UF (Unidade de Fitase) é equivalente a 1,15 g de fósforo do FB (BASF S/A); a partir desta relação, estabeleceu-se quanto deste suplemento inorgânico deverá ter a dieta, de acordo com as unidades da enzima utilizada. A concentração de cálcio foi reduzida, apresentando sempre relação de cálcio e fósforo 1,2:1 em dietas à base de milho e farelo de soja. Contudo, as dietas com FAD não permitiram esta mesma relação, pois este ingrediente apresenta alta concentração de fósforo. Com isso, foi adotado o critério dos níveis de cálcio destas dietas serem iguais àquelas com milho e farelo de soja, obedecendo a correlação com os níveis de fitase adicionados.

Foi incorporado às dietas 0,2% de óxido crômico, como indicador, para determinar a digestibilidade do cálcio e fósforo nos animais, segundo a metodologia descrita por SCOTT et al. (1973) e MILLER et al. (1991). As fezes foram coletadas pela manhã e à tarde, durante três dias consecutivos, e, após, retiradas das baias, com o cuidado de coletar apenas a parte que não estava em contato com o piso, homogenizadas, colocadas em uma bandeja, pesadas e colocadas em estufa a 60°C, obtendo-se a amostra pré-seca. Foram realizadas a determinação de matéria seca e a concentração de cálcio e fósforo, de acordo com o método prescrito pela AOAC (1984). Também foi determinada a concentração de cinzas, cálcio e fósforo na vértebra coccígea, coletada no final da fase de crescimento do animal, segundo o

método descrito pela AOAC (1984).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento, representadas por baias coletivas de quatro animais, em que o critério de bloqueamento foi o peso dos animais no início do experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância, porém sem considerar o fator sexo, devido à interação sexo x tratamento não ter sido significativa em qualquer dos parâmetros avaliados e, com isso, dispor de maior número de graus de liberdade para o erro experimental. Os dados foram analisados por intermédio do GLM do SAS (1990). O modelo adotado na análise de variância dos dados foi representado por:

$$y_{ji} = m + b_j + t_i + e_{ji}$$

em que

$y_{ji}$  = o valor observado da variável resposta percentual à gaiola  $ji$ ;

$j$  = 1, ..., 4, blocos;

$i$  = 1, 2, ..., 8 tratamentos;

$m$  = é a estimativa da média geral da resposta no experimento;

$b_j$  = efeito do bloco  $j$ ;

$t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ; e

$e_{ji}$  = erro experimental não-observado suposto seguir a distribuição normal de probabilidade com média zero e variância constante  $\sigma^2$ .

O efeito global de tratamentos foram desdobrados nas seguintes partições:

1) Efeito da fitase na ausência de FAD (F/Sem

Tabela 2 - Composição e análise química das dietas na fase de crescimento

Table 2 - Composition and chemical analysis of the diets in the growing phase

Ingrediente (%) <i>Ingredient (%)</i>	Tratamento <i>Treatment</i>							
	M e FS	M e FS	M e FS	M e FS	M, FS e FAD	M,FS e FAD	M,FS e FAD	M,FS e FAD
	-	-	-	-	C/FB	S/FB	S/FB	S/FB
	C/FB 0 UF	C/FB 750 UF	S/FB 750 UF	S/FB 1000 UF	C/FB 0 UF	S/FB 0 UF	S/FB 750 UF	S/FB 1000 UF
Milho ( <i>Corn</i> )	71,71	71,71	71,71	71,71	44,67	44,67	44,67	44,67
Farelo de soja ( <i>Soybean meal</i> )	22,70	22,70	22,70	22,70	17,94	17,94	17,94	17,94
FAD ( <i>RDB</i> )	0	0	0	0	30,00	30,00	30,00	30,00
Óleo de soja ( <i>S. Oil</i> )	2,15	2,15	2,15	2,15	4,90	4,90	4,90	4,90
Fosfato bicálcico ( <i>DP</i> )	1,15	0,29	0	0	0,43	0	0	0
Calcáreo ( <i>Limestone</i> )	1,08	0,97	0,94	0,94	0,83	0,48	0,48	0,29
L-Lisina ( <i>L-Lysine</i> )	0,26	0,26	0,26	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28
Premix/Adit. ( <i>Premix/Addit.</i> ) <sup>1</sup>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal ( <i>Salt</i> )	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Caulim ( <i>Caulin</i> )	0	0,82	1,14	1,09	0	0,78	0,63	0,77
Fitase ( <i>Phytase</i> )	0	0,15	0,15	0,20	0	0	0,15	0,20
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Nutrientes (<i>Nutrients</i>)</b>								
MS ( <i>DM</i> ), % <sup>2</sup>	88,51	88,53	88,67	88,76	89,89	88,49	88,05	89,00
EE, % <sup>2</sup>	4,10	4,19	4,04	4,06	6,12	5,79	5,71	5,98
EM ( <i>ME</i> ) (kcal/kg) <sup>3</sup>	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
PB ( <i>CP</i> ), % <sup>2</sup>	15,57	16,35	15,84	15,81	16,39	16,48	15,98	15,98
PB ( <i>CP</i> ), % <sup>3</sup>	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Lisina ( <i>Lysine</i> ), % <sup>3</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FB ( <i>CF</i> ), % <sup>2</sup>	3,03	3,50	3,47	3,08	4,64	4,46	4,84	4,82
Cinzas, % <sup>2</sup>	4,21	3,54	4,32	4,11	7,29	7,21	7,29	7,09
Cálcio ( <i>Calcium</i> ), % <sup>2</sup>	0,58	0,35	0,32	0,31	0,65	0,51	0,47	0,38
Cálcio ( <i>Calcium</i> ), % <sup>3</sup>	0,70	0,49	0,43	0,43	0,70	0,49	0,49	0,43
P Total ( <i>Total P</i> ), % <sup>2</sup>	0,42	0,35	0,30	0,30	0,88	0,81	0,78	0,77
P Total ( <i>Total P</i> ), % <sup>3</sup>	0,58	0,41	0,36	0,36	0,93	0,85	0,85	0,85
P disponível ( <i>Availability P</i> ), % <sup>3</sup>	0,35	0,18	0,13	0,13	0,35	0,27	0,27	0,27
Relação Ca:P <sup>2</sup>	1,4:1	1,0:1	1,1:1	1,0:1	0,74:1	0,63:1	0,60:1	0,49:1
Relação Ca:P <sup>3</sup>	1,2:1	1,2:1	1,2:1	1,2:1	0,75:1	0,58:1	0,58:1	0,50:1
Cromo ( <i>Chromium</i> ), % <sup>2</sup>	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13

<sup>1</sup> Premix vitamínico por kg de dieta: 5.000 UI vit. A; 1.000 UI vit. D<sub>3</sub>; 10,0 mg vit. E; 1,0 mg vit. K; 1,86 mg vit. B<sub>1</sub>; 3,0 mg vit. B<sub>2</sub>; 1,86 mg vit. B<sub>6</sub>; 0,015 mg vit. B<sub>12</sub>; 8,0 mg ác. pantotênico; 15,0 mg niacina; 0,05 mg biotina. Premix mineral por kg de dieta: 60 mg Fe; 100 mg Zn; 40 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 mg I; 0,2 mg Se. Aditivos por kg de dieta: 0,088 g Tylan 250; 0,1 g antioxidante. (*Vitamin premix per kg of diet: 5.000 UI vit. A; 1.000 UI vit. D<sub>3</sub>; 10,0 mg vit. E; 1,0 mg vit. K; 3,0mg vit. B<sub>2</sub>; 0,015 mg vit. B<sub>12</sub>; 8,0 mg pantothenic acid; 15,0 mg niacin; 0,05 mg biotin. Mineral premix per kg of diet: 60 mg Fe; 100 mg Zn; 40 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 mg I; 0,2 mg Se. Additive per kg of diet: 0,088 g Tylan 250; 0,1 g antioxidant.*)

<sup>2</sup> Valores determinados em laboratório (*determined values in the laboratory*).

<sup>3</sup> Valores Calculados (*Calculated Values*).

FAD), ou seja, comparação entre os quatro primeiros tratamentos;

2) Efeito da fitase na presença de FAD (F/Com FAD), ou seja, comparação entre os quatro últimos tratamentos.

Posteriormente, foram testados os seguintes contrastes múltiplos:

T34 X T78 = para avaliar o efeito do FAD na presença de fitase e na ausência do fosfato bicálcico.

T14 X T57 = para avaliar o efeito do FAD na ausência de fitase e presença de fosfato bicálcico, ou

na presença de fitase e ausência de fosfato bicálcico.

T1 X T34 = para avaliar se existe diferença entre usar fitase e usar fosfato bicálcico em dietas sem FAD.

T6 X T78 = para avaliar se existe diferença entre uma dieta com FAD, sem fosfato bicálcico e sem fitase, em relação à mesma dieta com os diferentes níveis de fitase.

T5 X T78 = para avaliar se existe diferença entre usar fitase e usar fosfato bicálcico em dietas com FAD.

Os desdobramentos parciais e os contrastes múltiplos foram testados pelo F-teste e condicionados à significância do F geral para tratamentos. As comparações duas a duas foram feitas pelo teste t, protegido pela significância do teste F sobre o efeito geral de tratamentos.

### Resultados e Discussão

De acordo com o teste F, não se verificou diferença entre as dietas, ao se avaliar o desempenho dos animais (Tabela 3). Esta resposta concordou com o experimento realizado por HAN et al. (1997), que não

verificaram efeito significativo sobre o desempenho dos suínos em crescimento, ao fornecerem dietas à base de milho e farelo de soja e também dietas com estes ingredientes e mais 20% de farelo de arroz, todas isoenergéticas e suplementadas com fósforo inorgânico ou com fitase. Os autores também não verificaram diferença significativa entre estas dietas com ou sem suplemento de fósforo inorgânico ou de fitase sobre a conversão alimentar, como encontrado no presente experimento. Porém, a resposta não concordou com HARPER et al. (1997), que encontraram resposta linear no desempenho dos animais, ao suplementar com 250 e 500 UF/kg da dieta.

Tabela 3 - Médias calculadas e erro-padrão das médias do consumo da dieta diário (CDDM – g/d), ganho de peso diário (GPDM - g/d) e conversão alimentar (CAM – g/g) da fase de crescimento dos animais

Table 3 - Calculated averages and standard error of the average for daily intake (DI - g/d), daily weight gain (DWG - g/d) and feed:gain ratio (g/g) during the phase growth of the animals

Tratamento <i>Treatment</i>	Parâmetros avaliados <i>Evaluated parameters</i>		
	CDDM(EP) <sup>1</sup> <i>DIF (ASE)</i>	GPDM(EP) <sup>1</sup> <i>DWG (ASE)</i>	CAM(EP) <sup>1</sup> <i>Feed:gain (ASE)</i>
(1) M e FS, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	1802±126	744±50	2,42±0,03
(2) M e FS, C/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	1803±81	734±26	2,45±0,02
(3) M e FS, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	1783±60	694±24	2,57±0,07
(4) M e FS, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	1816±80	738±30	2,46±0,04
(5) M, FS e FAD, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	1683±58	656±35	2,58±0,07
(6) M, FS e FAD, S/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	1645±101	656±35	2,51±0,06
(7) M, FS e FAD, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	1814±86	699±44	2,61±0,10
(8) M, FS e FAD, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	1813±129	715±47	2,53±0,03
<b>Desdobramento do efeito do tratamento</b> <i>Display of the effect of the treatment</i>			
Fitase/sem FAD <i>Phytase/without DRB</i>	(P=0,9853)	(P=0,591)	(P=0,3417)
Fitase/com FAD <i>Phytase/with DRB</i>	(P=0,1432)	(P=0,3528)	(P=0,636)
<b>Contrastes múltiplos</b> <i>Multiple contrasts</i>			
T34 X T78	(P=0,817)	(P=0,7669)	(P=0,3865)
T14 X T57	(P=0,4879)	(P=0,1599)	(P=0,1345)
T1 X T34	(P=0,9749)	(P=0,429)	(P=0,2167)
T6 X T78	(P=0,0375)	(P=0,1558)	(P=0,3876)
T5 X T78	(P=0,0982)	(P=0,1531)	(P=0,9583)

EP - erro-padrão da média (ASE - average standard error).

<sup>1</sup> Não houve diferença entre os tratamentos (P>0,05) de acordo com o teste F (There were no differences (P>.05) among treatments according to F test).

KORNEGAY e QUIAN (1996) também observaram aumento linear no desempenho dos suínos recém desmamados que consumiram dietas suplementadas com níveis crescentes de fitase (0, 350, 700, 1050 e 1400 UF/kg da dieta).

Ao ser avaliada a quantidade de fósforo excretado nas fezes, quando relacionado com a matéria seca ingerida (PEXC), foi encontrada diferença entre os tratamentos ( $P<0,01$ ), de acordo com o teste F. Ao se analisarem os contrastes T34 x T78 e T13 x T57, por

intermédio do teste t, foi observado que os primeiros tratamentos (sem FAD) acarretaram menor ( $P<0,05$ ) quantidade de fósforo excretado nas fezes, quando relacionado com a matéria seca ingerida (PEXC); consequentemente, maior ( $P<0,05$ ) digestibilidade do fósforo (DIGP) em relação aos que consumiram as dietas correspondentes aos últimos tratamentos (com FAD) (Tabela 4). Este fato ocorreu devido ao fato de FAD apresentar maior concentração de fósforo total, sendo a maior parte indisponível. Com isso, a fitase

Tabela 4 - Médias calculadas e erro-padrão da quantidade de fósforo excretado/kg de matéria seca das fezes (QPF - g), quantidade de fósforo excretado/kg de MS ingerida (PEXC - g) e digestibilidade do fósforo (DIGP - %)

Table 4 - Calculated averages and standard error of the averages for amount of phosphorus excreted/kg of dry matter of the feces (APE - g), amount of phosphorus excreted/kg of MS ingested (PE - g) and digestibility of the phosphorus (DP - %)

Tratamento <i>Treatment</i>	Parâmetros avaliados <i>Evaluated parameters</i>		
	QPF(EP) <sup>1*</sup> <i>APE(ASE)</i>	PEXC(EP) <sup>2*</sup> <i>PE(ASE)</i>	DIGP(EP) <sup>2*</sup> <i>DP(ASE)</i>
(1) M e FS, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	17,10±1,14 <sup>d</sup>	2,22±0,10 <sup>a</sup>	53,1±2,1 <sup>a</sup>
(2) M e FS, C/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	11,69±0,43 <sup>e</sup>	2,03±0,25 <sup>a</sup>	54,1±4,9 <sup>a</sup>
(3) M e FS, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	10,43±0,65 <sup>e</sup>	1,50±0,07 <sup>a</sup>	54,0±2,1 <sup>a</sup>
(4) M e FS, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	9,83±0,23 <sup>e</sup>	1,42±0,12 <sup>a</sup>	58,3±3,5 <sup>a</sup>
(5) M, FS e FAD, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	26,23±0,85 <sup>a</sup>	7,36±0,70 <sup>b</sup>	31,4±2,5 <sup>b</sup>
(6) M, FS e FAD, S/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	23,46±0,62 <sup>b</sup>	6,95±0,49 <sup>b</sup>	28,6±2,6 <sup>b</sup>
(7) M, FS e FAD, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	20,50±0,90 <sup>c</sup>	6,65±0,61 <sup>b</sup>	30,9±4,4 <sup>b</sup>
(8) M, FS e FAD, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	20,91±0,63 <sup>c</sup>	6,29±0,68 <sup>b</sup>	33,3±7,0 <sup>b</sup>
Desdobramento do efeito do tratamento <i>Display of the effect of the treatment</i>			
Fitase/sem FAD <i>Phytase/without DRB</i>	(P=0,0001)	(P=0,5634)	(P=0,6168)
Fitase/com FAD <i>Phytase/with DRB</i>	(P=0,0001)	(P=0,4494)	(P=0,6672)
Contrastes múltiplos <i>Multiple contrasts</i>			
T34 X T78	(P=0,0001)	(P=0,0001)	(P=0,0001)
T14 X T57	(P=0,0001)	(P=0,0001)	(P=0,0001)
T1 X T34	(P=0,0001)	(P=0,2019)	(P=0,4134)
T6 X T78	(P=0,0036)	(P=0,4175)	(P=0,3511)
T5 X T78	(P=0,0001)	(P=0,1407)	(P=0,7289)

EP - erro-padrão da média (ASE - average standard error).

<sup>1</sup> Houve diferença entre os tratamentos ( $P<0,01$ ) e efeito da fitase ( $P<0,01$ ) em dietas com e sem FAD de acordo com o teste F (Difference among treatments ( $P<0,01$ ) and effect of the phytase ( $P<0,01$ ) in diets with or without DRB according to F test).

<sup>2</sup> Houve diferença entre os tratamentos ( $P<0,01$ ) de acordo com o teste F (There was statistical difference among treatments [ $P<0,01$ ]).

\* Médias seguidas por letras distintas diferem ( $P<0,05$ ) pelo teste t (Means followed by different letters differ [ $P<0,05$ ] by t test).

pode ter liberado deste ingrediente quase todo o fósforo presente, ultrapassando, assim, as necessidades diárias dos animais, ocasionando maior excreção. Isto sugere maior cautela com o nível de FAD utilizado nas dietas, pois, mesmo que sejam suplementadas com fitase, a excreção deste elemento é proporcional ao teor de fósforo existente no ingrediente, ocasionando maior poluição das águas por intermédio do processo de eutroficação. No entanto, não ocorreu redução significativa na quantidade de PEXC, ao comparar a dieta controle (com fosfato inorgânico) em relação às dietas contendo 750 e 1000 UF/kg (sem fosfato inorgânico), apesar de ter ocorrido redução de 32 e 36%, respectivamente. Com nível mais baixo de fitase (750 UF/kg), de acordo com o experimento, houve a mesma eficiência em relação ao nível mais alto (1000 UF/kg). O efeito não-significativo sobre a DIGP no presente experimento concordou com HARPER et al. (1997), os quais verificaram que as dietas com fitase foram tão eficientes quanto as dietas com nível de fósforo adequado (com fosfato inorgânico), pois não encontraram diferença significativa entre elas. Entretanto, no presente experimento, foi observado que as dietas com fitase ocasionaram redução ( $P < 0,01$ ) na quantidade de fósforo excretado nas fezes dos animais, quando relacionado com a matéria seca das fezes (QPF), provocando menor efeito poluente em relação às dietas com suplemento inorgânico. Este resultado foi evidenciado ao se compararem os contrastes T1 x T34, T6 x T78 e T5 x T78, em que os primeiros tratamentos (sem fitase) ocasionaram maior ( $P < 0,05$ ) QPF de, aproximadamente, 7, 3 e 6 g de fósforo excretado/kg de matéria seca das fezes dos animais, respectivamente, em relação aos que consumiram os últimos tratamentos (com fitase).

Ao se avaliar a quantidade de cálcio excretado nas fezes, quando relacionado à matéria seca ingerida (CaEXC), constatou-se diferença entre os tratamentos ( $P < 0,01$ ), de acordo com o teste F. Pelos contrastes de médias analisados pelo teste t dos tratamentos T13 x T57 ou T34 x T78, foi observado que as dietas contendo FAD (T57 e T78) excretaram 1,65 g ( $P < 0,05$ ) a mais de cálcio nas fezes, ao relacionar com a quantidade de matéria seca ingerida (CaEXC), e conseqüentemente proporcionaram menor ( $P < 0,05$ ) digestibilidade de cálcio (DIGCa), em 22%, quando comparadas às dietas sem FAD (Tabela 5). O motivo de maior quantidade de CaEXC nos animais que consumiram dietas com FAD pode ser atribuído à quantidade maior de fibra nestas dietas, devido à

maior capacidade de troca catiônica da fibra, conferindo-lhe maior propriedade de se ligar com íons metálicos. Outro motivo que pode levar à redução na DIGCa é o efeito quelatante do cálcio com o ácido graxo formando um sal (sabão), pois às dietas com FAD foram adicionadas maiores quantidades de óleo para mantê-las isoenergéticas com as demais. Nas dietas sem e com FAD, a fitase reduziu ( $P < 0,01$ ) a quantidade de cálcio excretado, ao relacionar com a matéria seca das fezes (QCaF), e também na quantidade de CaEXC ( $P < 0,01$ ), porém a DIGCa aumentou ( $P < 0,0264$ ) apenas nas dietas sem FAD. Observou-se, por intermédio do contraste T1 x T34, que os animais que consumiram a dieta do primeiro tratamento (sem fitase) excretaram 14,84 g de cálcio/kg de matéria seca das fezes e 1,86 g de cálcio/kg de matéria seca da dieta a mais ( $P < 0,01$ ) que os alimentados com as últimas dietas, que contêm fitase e sem o fosfato inorgânico, e a DIGCa foi menor em 18%. Outros estudos concordaram com este resultado, pois têm mostrado aumento na DIGCa em suínos, pelo uso da fitase nas dietas (SIMONS et al., 1990; MROZ et al., 1994; e LIU et al., 1997). LEI et al. (1993), ao suplementarem dietas à base de milho e farelo de soja com 0 ou 750 UF/kg, mostraram também que ocorreu maior aproveitamento do cálcio das dietas. KORNEGAY e QUIAN (1996) encontraram aumento linear na absorção do cálcio, ao adicionarem fitase (0, 350, 700, 1050 e 1400 UF/kg). O'QUINN et al. (1997) também observaram aumento linear na digestibilidade total do cálcio com suplemento de níveis mais baixos de fitase (0, 300 e 500 UF/kg). Por outro lado, BRUCE e SUNDST (1995) constataram que a digestibilidade ileal do cálcio da dieta foi significativamente maior, ao se adicionar fitase (375 UF/kg e 750 UF/kg da dieta), mas não observaram o mesmo efeito sobre a digestibilidade aparente do elemento. Os autores afirmaram que não encontraram efeito da fitase sobre o melhor aproveitamento do cálcio em suínos em crescimento, provavelmente pela maior quantidade de fibra das dietas, que se basearam em aveia e farelo de soja. Esta afirmativa concorda com o presente experimento, por não ter havido diferença significativa ( $P > 0,05$ ) sobre a DIGCa, ao se adicionar fitase nas dietas com FAD, resultado mostrado ao se compararem os contrastes T6 x T78 e T5 x T78. Entretanto, QCaF e CaEXC dos animais foram menores ( $P < 0,05$ ), quando os animais consumiram dietas com FAD suplementadas com fitase (T5 x T78); entre os níveis de enzima utilizados não houve diferença. Com isso, pode ser utilizado menor

Tabela 5 - Médias calculadas e erro-padrão da média da quantidade de cálcio excretado/kg de matéria seca das fezes (QCaF - g), quantidade de cálcio excretado/kg de matéria seca ingerida (CaEXC - g), e digestibilidade do cálcio (DIGCa - %)

Table 5 - Calculated averages and standard error of the average amount for calcium excreted/kg of dry matter of the feces (ACaE - g), amount of calcium excreted/kg of MS ingested (CaE - g), and digestibility of the calcium (DCa - %)

Tratamento <i>Treatment</i>	Parâmetros avaliados <i>Evaluated parameters</i>		
	QCaF(EP) <sup>1*</sup> <i>ACaE(ASE)</i>	CaEXC(EP) <sup>1*</sup> <i>CaE(ASE)</i>	DIGCa(EP) <sup>2*</sup> <i>DCa(ASE)</i>
(1) M e FS, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	20,44±3,70 <sup>a</sup>	2,66±0,44 <sup>bc</sup>	59,5±6,7 <sup>bc</sup>
(2) M e FS, C/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	7,42±0,75 <sup>cde</sup>	1,25±0,44 <sup>d</sup>	68,6±1,0 <sup>ab</sup>
(3) M e FS, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	6,13±0,92 <sup>de</sup>	0,87±0,08 <sup>d</sup>	76,0±2,2 <sup>a</sup>
(4) M e FS, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	5,06±0,46 <sup>e</sup>	0,74±0,11 <sup>d</sup>	78,5±3,2 <sup>a</sup>
(5) M, FS e FAD, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	13,97±0,06 <sup>b</sup>	3,93±0,41 <sup>a</sup>	45,6±5,7 <sup>d</sup>
(6) M, FS e FAD, S/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	10,14±0,20 <sup>c</sup>	3,01±0,25 <sup>b</sup>	47,6±4,3 <sup>cd</sup>
(7) M, FS e FAD, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	8,91±0,70 <sup>cd</sup>	2,90±0,35 <sup>b</sup>	45,8±6,5 <sup>d</sup>
(8) M, FS e FAD, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	7,03±0,44 <sup>cde</sup>	2,08±0,11 <sup>c</sup>	51,3±2,6 <sup>cd</sup>
Desdobramento do efeito do tratamento <i>Display of the effect of the treatment</i>			
Fitase/sem FAD <i>Phytase/without DRB</i>	(P=0,0001)	(P=0,0002)	(P=0,0264)
Fitase/com FAD <i>Phytase/with DRB</i>	(P=0,0074)	(P=0,001)	(P=0,782)
Contrastes múltiplos <i>Multiple contrasts</i>			
T34 X T78	(P=0,0777)	(P=0,0001)	(P=0,0001)
T14 X T57	(P=0,1643)	(P=0,0001)	(P=0,0001)
T1 X T34	(P=0,0001)	(P=0,0001)	(P=0,0035)
T6 X T78	(P=0,1809)	(P=0,1281)	(P=0,8617)
T5 X T78	(P=0,0001)	(P=0,0003)	(P=0,5877)

EP - erro-padrão da média (ASE - average standard error).

<sup>1</sup> Houve diferença entre os tratamentos (P<0,01) e efeito da fitase (P<0,0074) em dietas com e sem FAD de acordo com o teste F (Statistical differences among treatments (P<0.01) and effect of the phytase (P<.0074) in diets with or without DRB according to the F test).

<sup>2</sup> Houve diferença entre os tratamentos [P<0,01] e efeito da fitase [P<0,0264] em dietas sem FAD de acordo com o teste F (There was statistical difference among treatments [P<.01] and effect of the phytase [P<.0264] in diets without DRB according to F test).

\* Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,05) pelo teste t (Means followed by different letters differ [P<.05] by t test).

nível de fitase, conseguindo o mesmo aproveitamento do cálcio (DIGCa), mas com menor redução na quantidade excretada do elemento.

Foi observado, pelo teste t, que a dieta à base de milho e farelo de soja com FB foi superior (P<0,05) às demais dietas em relação ao teor de cinzas (CVERC) e de fósforo (PVERC) na vértebra coccígea (Tabela 6). Este resultado concordou com os de BIEHL e BAKER (1996), os quais verificaram que as dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com fosfato inorgânico foram superiores às dietas suplementadas

com fitase, ao se avaliarem as características ósseas. No entanto, os autores encontraram efeito positivo ao suplementar com fitase as dietas também compostas com milho e farelo de soja com a concentração de fósforo abaixo da exigência do animal. Todavia, os trabalhos de HARPER et al. (1997) não concordam com o presente experimento, por terem verificado que suplementar fitase a dietas à base de milho e farelo de soja baixas em fósforo tem efeito semelhante ao de suplementá-las com fosfato inorgânico. Os autores trabalharam com suínos em terminação.



Tabela 6 - Médias calculadas e erro-padrão da média da concentração de cinzas (CVERC - %), concentração de fósforo (PVERC - %) e concentração de cálcio (CaVERC - %) na vértebra coccígea no final da fase de crescimento dos animais

Table 6 - Calculated averages and standard error of the averages of the concentration of ash (CACV -%), phosphorus concentration (PCV -%) and concentration of calcium (CaVC -%) in the coccígea vertebra at the end of the phase of growth of the animals

Tratamento <i>Treatment</i>	Parâmetros avaliados <i>Evaluated parameters</i>		
	CVERC(EP) <sup>1*</sup> <i>CACV(ASE)</i>	PVERC(EP) <sup>1*</sup> <i>PCV(ASE)</i>	CaVERC(EP) <sup>2*</sup> <i>CaVC(ASE)</i>
(1) M e FS, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	48,6±0,6 <sup>a</sup>	8,46±0,10 <sup>a</sup>	15,31±0,38 <sup>a</sup>
(2) M e FS, C/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, With/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	43,8±0,9 <sup>b</sup>	7,65±0,19 <sup>b</sup>	14,26±0,62 <sup>a</sup>
(3) M e FS, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	44,9±0,7 <sup>b</sup>	7,61±0,17 <sup>b</sup>	14,53±0,23 <sup>a</sup>
(4) M e FS, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C and SM, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	43,9±0,7 <sup>b</sup>	7,64±0,11 <sup>b</sup>	13,99±0,52 <sup>a</sup>
(5) M, FS e FAD, C/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, With/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	44,8±0,4 <sup>b</sup>	7,95±0,11 <sup>b</sup>	14,23±0,47 <sup>a</sup>
(6) M, FS e FAD, S/FB, 0 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 0 UF/kg of the diet</i>	44,4±0,3 <sup>b</sup>	7,82±0,08 <sup>b</sup>	14,32±0,46 <sup>a</sup>
(7) M, FS e FAD, S/FB, 750 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 750 UF/kg of the diet</i>	44,6±1,0 <sup>b</sup>	7,87±0,24 <sup>b</sup>	14,20±0,70 <sup>a</sup>
(8) M, FS e FAD, S/FB, 1000 UF/kg da dieta <i>C, SM and DRB, W/DP, 1000 UF/kg of the diet</i>	43,9±0,6 <sup>b</sup>	7,75±0,17 <sup>b</sup>	14,08±0,61 <sup>a</sup>
Desdobramento do efeito do tratamento <i>Display of the effect of the treatment</i>			
Fitase/sem FAD <i>Phytase/without DRB</i>	(P=0,0001)	(P=0,0008)	(P=0,323)
Fitase/com FAD <i>Phytase/with DRB</i>	(P=0,7928)	(P=0,7877)	(P=0,9894)
Contrastes múltiplos <i>Multiple contrasts</i>			
T34 X T78	(P=0,7694)	(P=0,2225)	(P=0,8142)
T14 X T57	(P=0,0043)	(P=0,3777)	(P=0,1822)
T1 X T34	(P=0,0001)	(P=0,0001)	(P=0,1102)
T6 X T78	(P=0,8658)	(P=0,9567)	(P=0,7695)
T5 X T78	(P=0,5019)	(P=0,4274)	(P=0,8878)

EP - erro-padrão da média (ASE - average standard error).

<sup>1</sup> Houve diferença entre os tratamentos (P<0,0089) e entre dietas sem FAD (P<0,0008) de acordo com o teste F (*Statistical differences among treatments (p<.0089) and among diets without DRB (p<.0008) according to the F test*).

<sup>2</sup> Não houve diferença entre os tratamentos (P>0,05) e efeito da fitase (P>0,05) em dietas com e sem FAD de acordo com o teste F (*No statistical differences among treatments [P>.05] and effect phytase [P>.05] in diets with and without DRB according to F test*).

\* Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,05) pelo teste t (*Means followed by different letters differ [P<.05] by t test*).

Segundo CRENSHAW et al. (1981), a porcentagem de cinzas no osso foi altamente sensível nos suínos em crescimento, ao estudarem nas dietas variações nos níveis de cálcio e fósforo, provavelmente devido ao fato de o cálcio e fósforo estarem em maior mobilização no sistema osso-sangue-tecido, na fase de crescimento dos animais. Com isso, as dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com fitase não atenderam suficientemente a esta mobilização do osso, nesta fase dos animais, em

relação às dietas contendo fosfato inorgânico. Entretanto, nas dietas com FAD, a adição de fitase não influenciou significativamente a composição óssea dos animais, ao se analisar este tipo de osso, pois a enzima foi tão eficiente quanto o fosfato inorgânico, quando suplementada em dietas que apresentam um ingrediente com quantidades significativas de fósforo. Este resultado concordou com HAN et al. (1997), que também não encontraram efeito no parâmetro ósseo ao adicionar fitase em dietas contendo também

farelo de arroz. Todavia, vários autores observaram que a fitase ocasiona melhor característica óssea. Assim, POINTILLART (1991) observou melhora na densidade óssea de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo fitase (1200 UF/kg). Aumento linear no conteúdo de cinzas do metacarpo de leitões, ao se adicionar fitase nas dietas, tanto com nível baixo, quanto com nível adequado de fósforo disponível, foi observado por KORNEGAY e QUIAN (1996). Segundo o trabalho realizado por WALKER et al. (1993), há forte correlação entre a vértebra coccígea e o metacarpo, ao se analisar a concentração de cinzas nos ossos de suínos.

### Conclusões

A adição de fitase em dietas propicia maior disponibilidade de fósforo e cálcio nos alimentos orgânicos, por ocasionar eficiência no desempenho dos animais semelhante, mas com redução na quantidade de cálcio e fósforo excretados nas fezes, em relação às mesmas dietas suplementadas com fosfato inorgânico.

Adicionar fitase às dietas com 30% de FAD é tão eficiente na composição óssea dos animais em cinzas, cálcio e fósforo quanto às suplementadas com fosfato inorgânico, o que não acontece em dietas sem FAD.

### Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1984. *Official methods of analysis*. 14 ed. Arlington. 1141p.
- BIEHL, R.R., BAKER, D.H. 1996. Efficacy of supplemental 1- $\alpha$ -hydroxicholecalciferol and microbial phytase for young pigs fed phosphorus or aminoacid-deficient corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.*, 74 (4):2960-2966.
- BRUCE, J.A.M., SUNDST, F. 1995. The effect of microbial phytase in diets for pigs on apparent ileal and faecal digestibility, pH and flow of digesta measurements in growing pigs fed a high-fibre diet. *Can. J. Anim. Sci.*, 75(1):121-127.
- CROMWELL, G.L., COFFEY, R.D. Phosphorus - a key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 1991, Nicholasville. *Proceedings...* Nicholasville: Alltech Technical Publications, 1991. p.133-145.
- CRENSHAW, T.D., PEO JR., E.R., LEWIS, A. J. et al. 1981. Bone strength as a trait for assessing mineralisation in swine: a critical review of techniques involved. *J. Anim. Sci.*, 53(3):827-835.
- CROMWELL, G.L., STAHLY, F.S., COFFEY, R.D. et al. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. *J. Anim. Sci.*, 71(7):1831-1840.
- HAN, Y.M., YANG, F., ZHOU, A.G. et al. 1997. Supplemental phytases of microbial and cereal source improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.*, 75(4):1017-1025.
- HARPER, A.F., KORNEGAY, E.T., SCHELL, T.C. 1997. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance phosphorus digestibility and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. *J. Anim. Sci.*, 75(12):3174-3186.
- KORNEGAY, E.T., QUIAN, H. 1996. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize-soybean-meal diet. *Br. J. Nutr.*, 76(4):563-578.
- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. 1993. *Principles of Biochemistry*. 2. ed. New York: Worth Publishers. 1013p.
- LEI, X.G., KU, P.K., MILLER, E.R. et al. 1993. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weaning pigs. *J. Anim. Sci.*, 71(12):3359-3367.
- LIU, J., BOLLINGER, D.W., LEDOUX, D.R. et al. 1997. Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 75(5):1292-1298.
- MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. 1991. *Swine Nutrition*. London: Butterworth-Heinemann. 673p.
- MROZ, Z., JONGBLOED, A.W., KEMME, P.A. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *J. Anim. Sci.*, 72(1):126-132.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1988. *Nutrients requerimentes of swine*. 9.ed. Washington, D.C. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1998. *Nutrient requeriments of swine*. 10.ed. Washington, D.C. 189p.
- O'QUINN, P.R., KNABE, D.A., GREEG, E.J. 1997. Efficacy of Natuphos in sorghum-based diets of finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 75(5):1299-1307.
- PALLAUF, J., RIMBACH, G. Recent results on phytic acid and phytase. In: FORUM ON ANIMAL NUTRITION, 1995, Ludwigshafen. *Proceedings...* Ludwigshafen: BASF, 1995. p.43-63.
- POINTILLART, A. 1991. Enhancement of phosphorus utilization in growing pigs fed phytate - rich diets by using rye bran. *J. Anim. Sci.*, 69(3):1109-1115.
- SAS. INSTITUTE INC. *SAS User's guide: Statistic*, version 6.4. Cary, 1990. v.2. 1686p.
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.L., YOUNG, R.J. 1973. *Alimentación de las aves*. Barcelona: GEA. 507p.
- SIMONS, P.C.M., VERSTEEGH, H.A.J., JONGBLOED, A.W. et al. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.*, 64(2):525-540.
- STILLBORN, H. 1998. Nutrition influences animal waste output. *Feedstuffs*, (4):20-47.
- WALKER, G.L., DANIELSOM, D.M., PEO JR., E.R. et al. 1993. Effect of calcium source, dietary calcium concentration, and gestation phase on various bone characteristics in gestating gilts. *J. Anim. Sci.*, 71(11):3003-3010.

Recebido em: 22/03/99

Aceito em: 60/09/99