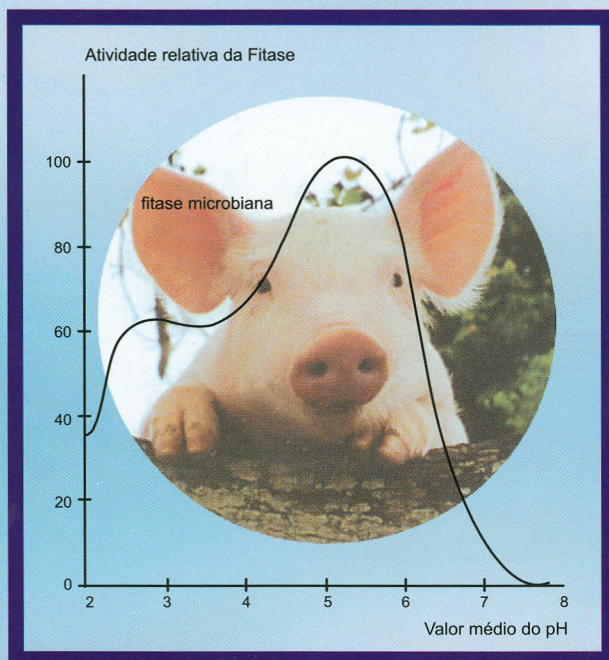


# Fitase em dietas para suínos e seus efeitos sobre a redução da poluição ambiental



**República Federativa do Brasil**

Fernando Henrique Cardoso  
Presidente

**Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

Marcus Vinicius Pratini de Moraes  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

Márcio Fortes de Almeida  
Presidente

Alberto Duque Portugal  
Vice-Presidente

Dietrich Gerhardt Quast  
José Honório Accarini  
Sérgio Fausto  
Urbano Campos Ribeiral  
Membros

**Diretoria-Executiva da Embrapa**

Alberto Duque Portugal  
Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu  
Dante Daniel Giacomelli Scolari  
José Roberto Rodrigues Peres  
Diretores

**Embrapa Suínos e Aves**

Dirceu João Duarte Talamini  
Chefe Geral

Paulo Roberto Souza da Silveira  
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Paulo Antônio Rabenschlag de Brum  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Claudinei Lugarini  
Chefe Adjunto de Administração

# **Fitase em dietas para suínos e seus efeitos sobre a redução da poluição ambiental**

**Maria do Carmo M. Marques Ludke  
Jorge Vitor Ludke  
Jorge López**



**Concórdia, SC  
2001**

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

**Embrapa Suínos e Aves**

Br 153, Km 110, Vila Tamanduá

Caixa Postal 21

89.700-000, Concórdia, SC

Telefone: 49 4428555

Fax: 49 4428559

sac@cnpssa.embrapa.br

**Tiragem:** 400 exemplares

**Tratamento Editorial:** Tânia Maria Biavatti Celant

Ludke, Maria do Carmo M. Marques. Fitase em dietas para suínos e seus efeitos sobre a redução da poluição ambiental / Maria do Carmo M. Marques Ludke, Jorge Vitor Ludke, Jorge López. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001.

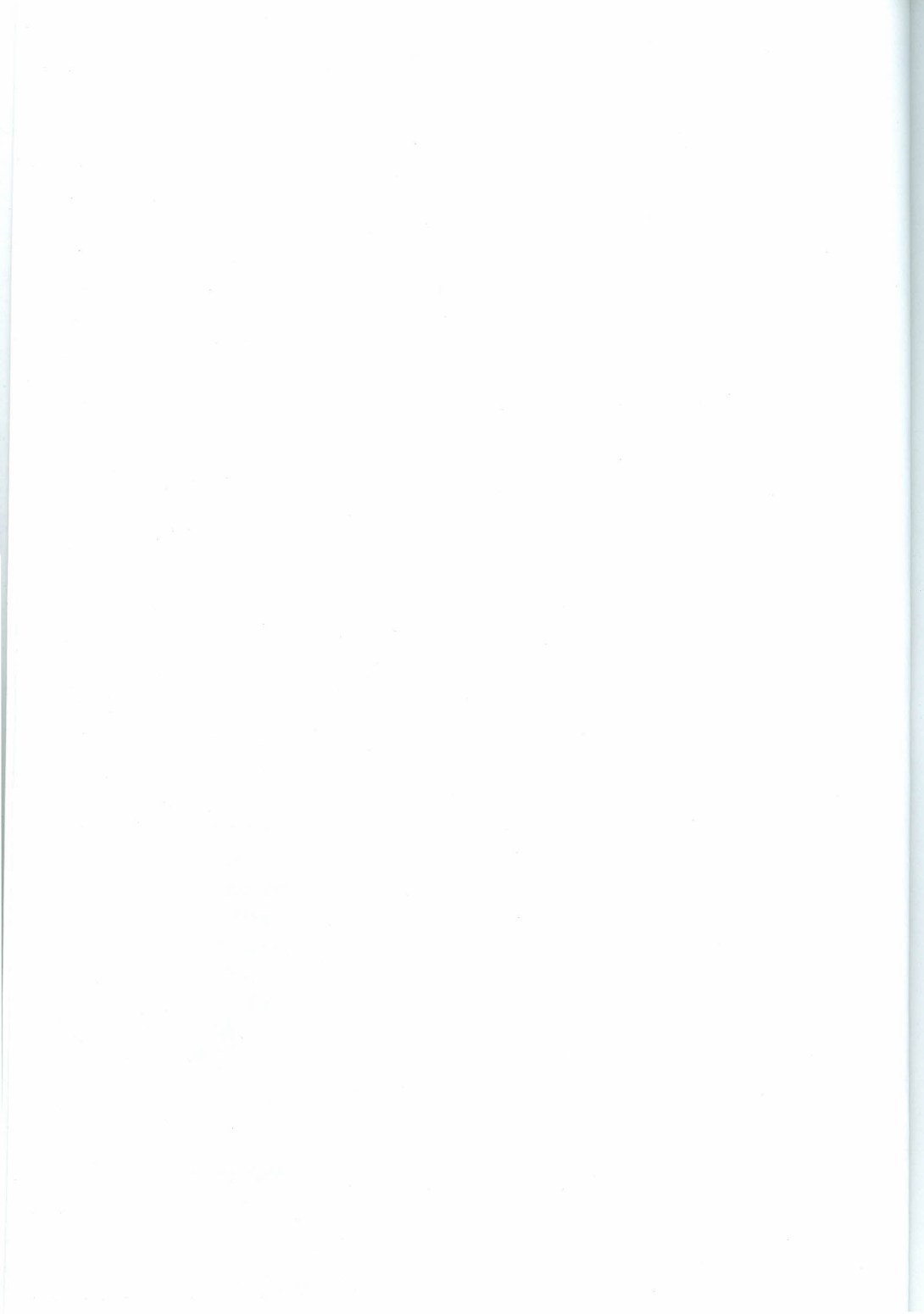
38p. – (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 68).

1. Suíno – nutrição. 2. Fitase. 3. Meio ambiente. 4. Poluição. I. Ludke, Jorge Vitor. II. López, Jorge. III. Título. IV Série.

CDD 636.40825

# SUMÁRIO

1. Introdução.....	05
2. Disponibilidade do fósforo em alimentos de origem vegetal.....	07
3. Complexo fitato/proteína.....	10
4. Complexo fitato/minerais.....	12
5. Fósforo e nitrogênio como agentes poluentes.....	14
6. Fatores de influência na utilização do fósforo fítico..	19
7. Efeito da adição da enzima fitase na dieta de suínos em diferentes fases.....	22
7.1. Fase pós-desmame.....	22
7.2. Fase crescimento/terminação.....	24
7.3. Fase de gestação e lactação.....	28
8. Considerações finais.....	30
9. Referências bibliográficas.....	31



# Fitase em dietas para suínos e seus efeitos sobre a redução da poluição ambiental

Maria do Carmo M. Marques Ludke<sup>1</sup>

Jorge Vitor Ludke<sup>2</sup>

Jorge López<sup>3</sup>

## 1. Introdução

A maioria das dietas para suínos e aves é composta por ingredientes de origem vegetal, em especial milho e farelo de soja, onde o fósforo se encontra em grande parte indisponível para os animais não-ruminantes. Para que as plantas possam ter um desenvolvimento normal, elas retiram seus nutrientes minerais do solo, sendo que na fase de maturação do grão há uma translocação destes elementos para as sementes, e no caso do fósforo, na forma de ácido fítico. O fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula hexafosfato de inositol que é encontrado nos vegetais. Fitato é um composto orgânico que apresenta um grupo ortofosfato altamente ionizado que complexa com uma variedade de cátions, como o cálcio (Ca), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), magnésio (Mg), etc; e a fração protéica do alimento.

---

<sup>1</sup> Zootec., DSc. em Nutrição Animal. Bolsista Recém-Doutor do CNPq na Embrapa Suínos e Aves.

<sup>2</sup> Eng. Agrº, DSc., Pesquisador de Nutrição de Suínos na Embrapa Suínos e Aves.

<sup>3</sup> Eng. Agrº., PhD, Professor Titular de Nutrição Animal na Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Pela ocorrência deste fator antinutricional nos alimentos de origem vegetal, fornecidos para os suínos e aves, há necessidade de suplementação de fósforo com fonte inorgânica, que em geral é cara, e muitas vezes é adicionada nas dietas em quantidades acima da exigência animal. Com isso, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para estes animais, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, são eliminados nas fezes.

Este é um dos motivos de um alto índice de poluição ambiental (água, solo e ar) em áreas com alta concentração de suínos e aves devido a uma grande quantidade de fósforo, nitrogênio e microminerais como o Cu e Zn. Estes nutrientes presentes em excesso no solo trazem problemas sérios para o meio ambiente através do processo chamado de eutroficação para o fósforo, cobre e zinco, e nitrificação ocasionada pelo nitrogênio. Ambos promovem a redução na quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos.

O atendimento das exigências em fósforo e cálcio para os animais não-ruminantes pode ser obtido através da suplementação com fosfato inorgânico ou via adição de uma enzima, a fitase, com o objetivo de liberar o fósforo e cálcio não disponíveis nos alimentos e reduzir a excreção destes minerais, além do cobre, zinco e do nitrogênio, também complexados. A enzima é produzida por muitos fungos, bactérias e leveduras, e industrialmente pelos fungos *Aspergillus ficuum* e *Aspergillus niger*, através de técnicas de recombinação de DNA. A reação catalizada pela fitase é a quebra do complexo fitato a mio-inositol e fósforo inorgânico, liberando o grupo ortofosfato, e conseqüentemente o grupamento amino de aminoácidos básicos e demais



cátions imobilizados neste complexo. O potencial de uso desta enzima é determinado por fatores econômicos, pela menor necessidade de adição de fósforo inorgânico, e por fatores ambientais, através da possibilidade de reduzir a excreção de fósforo, e outros, reduzindo, assim, a carga de poluição ambiental. Além disso, também pode influenciar economicamente na alimentação, em relação ao nitrogênio protéico da dieta, permitindo uma ligeira redução no teor de proteína bruta da ração ou evitando o aumento da concentração deste nutriente, tornando o nitrogênio dos ingredientes mais disponível, reduzindo assim a sua excreção.

O objetivo desta revisão bibliográfica é demonstrar que uma das formas de reduzir o efeito poluente sobre o ambiente (solo, água e ar) do nitrogênio, dos macro (P e Ca) e microminerais (Zn, Cu, Mn, dentre outros) excretados pelos suínos, é utilizando-se de um dos recursos existente na nutrição, como a adição da enzima fitase em dietas para estes animais.

## **2. Disponibilidade do fósforo em alimentos de origem vegetal**

Nos grãos, o teor de fósforo é uniformemente mais elevado do que na parte vegetativa, e os subprodutos dos grãos, como o farelo de arroz e farelos de sementes oleaginosas, são especialmente ricos em fósforo (McDowell, 1992). O fósforo está presente nos alimentos de origem vegetal na forma orgânica e inorgânica. A parte orgânica, na qual uma pequena

parte está na forma de fosfolipídeos, consiste principalmente de fitato (Jongbloed, 1987).

Fitato representa uma classe complexa de compostos que agem sobre o aproveitamento dos alimentos de maneira ainda não totalmente compreendida (Maga, 1982). De acordo com Lehninger et al. (1993), 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 complexa com uma variedade de cátions (Ca, Fe, Cu, Zn, Mn e Mg) e grupo amina de alguns aminoácidos (lisina, arginina, histidina e outros). Este complexo categoriza o fitato como um fator anti-nutricional por diminuir, além da disponibilidade de minerais, também a de proteínas (Morris, 1986). Segundo Maga (1982), um grande número de hexa-fosfatos de inositol podem ser encontrados nos vegetais e sua quantidade é variável dentro de uma mesma espécie, pois é dependente da quantidade de fósforo que o solo possui. Além disso uma aplicação tardia ou excessiva de fertilizante fosfatado no solo resulta em um aumento de fósforo total e fósforo fítico em 58 e 80%, respectivamente (Michael et al., 1980). Os autores verificaram que cerca de 93% do fósforo que foi armazenado no grão, devido à aplicação do fertilizante fosfatado de forma tardia, foi o fósforo fítico.

De uma maneira geral, de acordo com o NRC (1998), a disponibilidade biológica do fósforo de origem vegetal para suínos varia nos grãos entre 15 e 50%. Segundo Cromwell & Coffey (1991), o milho possui 0,26% de fósforo total e deste total 66% está na

forma de fitato, sendo que 90% dele está concentrado no gérmen (O'Dell et al., 1972). Experimentos sobre digestibilidade aparente do fósforo no milho, realizados por Calvert et al. (1978), mostraram que em suínos alimentados com dietas contendo 0,3% de fósforo total, a digestibilidade aparente do fósforo foi de 8,3% comparado com 64,8% de fósforo digestível (disponível) no fosfato bicálcico, já que é usado como referencial, sendo admitido 100% de disponibilidade. Na soja, o fitato está associado às proteínas, pois ele pode estar distribuído na matriz proteínica dos cotilédones do grão (Lott, 1984). Foi registrado por Lolas et al. (1976) que o conteúdo de ácido fítico de 15 variedades de soja foi de 1,0 a 1,47% do peso seco, o que representou 51,4 a 57,1% do fósforo total. Fundamentado em dados de pesquisa com suínos, na Universidade de Kentucky, Cromwell (1989) concluiu que a disponibilidade do fósforo no farelo de soja é cerca de 25 a 35%, pois com um teor de 0,61% de fósforo total cerca de 61% não será disponível. Com estes resultados afirma-se que o fósforo contido em dietas à base de milho e farelo de soja para suínos e aves, em média, apresenta apenas 15% de disponibilidade (Cromwell & Coffey, 1991).

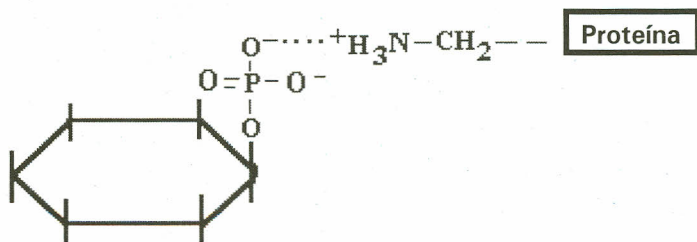
No arroz, Assada & Kasai (1962) observaram que no estágio inicial do amadurecimento do grão a maior porção de mio-inositol está na forma de éster-fosfato, representando 80% do total de fósforo na planta. No grão de arroz o ácido fítico é encontrado principalmente no pericarpo. Especificamente 2% da parte externa do grão contém 23 vezes mais ácido fítico que o grão intacto, e a remoção de 13% da superfície do grão resulta num endosperma sem ácido fítico detectável, o

que explica o alto teor de fósforo contido no farelo de arroz, apesar da maior parte ser indisponível. Por outro lado, Cromwell (1992) encontrou em experimentos com suínos uma maior disponibilidade do fósforo no farelo de trigo e tritcale de 49 e 46%, respectivamente, enquanto na cevada a disponibilidade foi intermediária. A mais alta disponibilidade de fósforo no farelo de trigo, tritcale e cevada é atribuída à presença da enzima fitase em forma natural nas camadas de aleurona destes grãos (Pointillart et al., 1984).

### **3. Complexo fitato / proteína**

Estudos feitos em soluções complexas contendo proteínas, sais e outros componentes e com a adição de ácido fítico, mostram resultados que são de difícil interpretação devido à habilidade do ácido fítico em interagir fortemente com íons carregados positivamente e grupos funcionais (Cheryan, 1980). Ainda de acordo com este autor, a solubilidade do ácido fítico é muito diferente na presença ou ausência de proteína, sugerindo uma interação entre fitato e proteína. O mecanismo desta reação entre ácido fítico e proteína depende essencialmente do pH, conteúdo de íons divalentes, do tipo e conformação da proteína (DeBoland et al., 1975). Em pH ácido, no qual há uma forte interação eletrostática entre fitato e o grupo amina da proteína, de acordo com a Figura 1, não é surpreendente ocorrer inibição de enzimas proteolíticas como a pepsina, tripsina, tirosinase e  $\alpha$ -amilases (Knuckles et al., 1985). Em uma série de trabalhos

realizados por Knuckles e colaboradores, foi demonstrado que o ácido fítico inibe a  $\alpha$ -amilase salivar em humanos (Knuckles & Betschard, 1987), a lipase pancreática em suínos (Knuckles, 1988) e a pepsina (Knuckles et al., 1989).

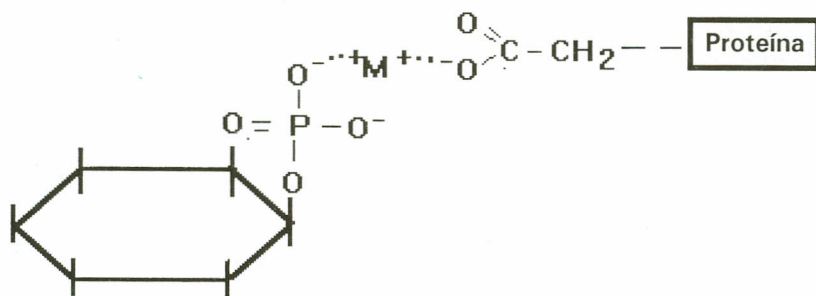


**Figura 1** - Possível estrutura do complexo binário ácido fítico/proteína em baixo pH.

Esta forte interação proteína/fitato em pH ácido é a razão porque a proteína isolada através de precipitação isoeletrica pode conter 60 a 70% do ácido fítico original da soja crua. Mckinney e Solars (1949), citado por Cheryan (1980), extraíram o complexo proteína/fitato do farelo de soja desengordurado em pH 2,3 com ácido sulfuroso e precipitaram a proteína em pH 4,2. Um rendimento de 85% de nitrogênio foi observado, mas o produto também apresentou alto conteúdo de fitato variando de 1,7 a 3,0%. Através de análises realizadas por Reddy et al. (1982), foi mostrado que o mais provável sítio ligante de vários cátions nas frações de proteína da soja foi o grupo imidazol da histidina com pK (constante de ionização) de 6 a 7. Além deste aminoácido, de acordo com os

autores, a lisina e arginina são os demais aminoácidos básicos com os quais o fitato tem crescente afinidade, sendo que o primeiro é o aminoácido limitante nas rações constituídas de grãos de cereais para suínos.

O complexo do fitato com a proteína diminui com o aumento do pH. Foi observado por Deshpande & Cheryan (1984) que a inibição do fitato sobre a  $\alpha$ -amilase diminui quando o pH foi aumentado de 4,0 para 7,0. Segundo Cheryan (1980), uma variedade de cargas negativas nas proteínas em pH neutro a alcalino podem prevenir a formação do complexo binário fitato/proteína, a menos que estejam presentes cátions divalentes como  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , formando um complexo ternário fitato/cátion/proteína como mostrado na Figura 2.



**Figura 2** - Possível estrutura do complexo ternário fitato/cátion/proteína.

#### 4 - Complexo fitato / minerais

Os quelatos orgânicos de elementos minerais podem ser os fatores mais importantes que controlam a absorção destes elementos. Segundo Scott et al.

(1973), muitos quelatos são formados por acidente e não têm nenhum propósito biológico útil, como é o exemplo do quelato ácido fítico-zinco, que é insolúvel, interferindo com o metabolismo normal do zinco. O quelato é assim formado:



Assim, numerosos estudos têm levado à conclusão que o ácido fítico e seus derivados podem ligar-se a minerais essenciais na dieta tornando-os parcial ou totalmente indisponíveis para sua absorção. Este problema se agrava quando dois cátions estão presentes podendo ocorrer uma ligação sinérgica (Maga, 1982).

Estudos realizados por O'Dell & Savage (1960) evidenciaram que um complexo zinco-fitato-proteína é responsável pelo aumento da exigência de zinco na dieta. Foi encontrado um efeito altamente significativo na disponibilidade de zinco no fêmur de ratos por Atwal et al. (1980). Eles observaram, aproximadamente, três vezes menos zinco no fêmur de ratos com o aumento de 0,01 a 1,24% de ácido fítico na dieta. A interação de zinco, cálcio e ácido fítico também tem sido avaliada em suínos (Oberleas et al., 1962). Os autores afirmaram que altos níveis de cálcio em conjunção com fitato diminuem a disponibilidade de zinco. Esta situação pode se agravar causando paraqueratose nos suínos.

## 5 - Fósforo e nitrogênio como agentes poluentes

Como foi visto anteriormente, o fósforo de fontes vegetais é pouco utilizado por animais não-ruminantes. Desta maneira, as fezes excretadas por suínos e aves contêm altos teores de fósforo fítico. Segundo Cromwell & Coffey (1991), nos Estados Unidos da América, cerca de 13,4 milhões de toneladas de fezes são excretadas pelos suínos anualmente, representando ao redor de 12% do total, envolvendo todas as espécies; as aves contribuem com 6,8 milhões de toneladas, o que representa em torno de 6,1%. Suínos e aves somados são responsáveis por 18% do total de excrementos, e como estes resíduos possuem, em média, 1,55% de fósforo, o total deste elemento excretado por suínos e aves anualmente é de 320 mil toneladas, correspondendo a 1/3 de todo o fósforo excretado pelas várias espécies de animais de exploração doméstica. Grande parte destes resíduos são utilizados na adubação de plantações em geral. Na Tabela 1 são mostrados dados relativos à quantidade de fezes e fósforo excretados nos EUA pelos não-ruminantes e ruminantes, segundo Gilbertson et al.(1984).



**Tabela 1** - Quantidade de fezes e de fósforo excretados anualmente por diferentes espécies animais.

<b>Espécies</b>	<b>Fezes (milhões/ton)</b>	<b>Conteúdo de P (%)</b>	<b>P excretado (mil/ton)</b>
<u>Ruminantes</u>			
Gado de corte	52,0	0,9	468
Gado leiteiro	25,2	0,6	151
Ovelhas	3,8	0,6	23
<u>Não- ruminantes</u>			
Suínos	13,4	1,5	200
Poedeiras	3,4	1,8	60
Frango de Corte	2,1	1,7	40
<b>Total</b>	<b>111,6</b>		<b>1,056</b>

Gilbertson et al. (1984).

Em 1993, pesquisadores holandeses demonstraram que suínos e aves não apenas excretam mais da metade do fósforo presente nas suas dietas como também o nitrogênio, o que pode ser visto na Tabela 2 (Schwarz, 1994).

**Tabela 2** - Proporção de nitrogênio da dieta e fosfato consumidos e excretados nas fezes.

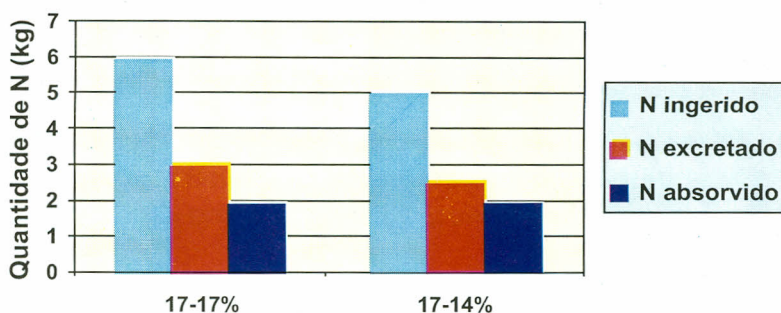
<b>Espécie Animal</b>	<b>Taxa de excreta (como % do consumo)</b>	
	<b>N</b>	<b>P</b>
Frangos de corte	57	57
Poedeiras	67	85
Suínos	71	67
crescimento/terminação		
Porcas em lactação (excluindo os leitões)	81	84
Leitões (até 25 kg PV)	55	58

Schwarz (1994).

O potencial do fósforo para contaminar a terra e a água é menor do que a do nitrogênio, porque o fósforo se adere às partículas do solo, tornando-se assim, um contaminante parcial dos rios e lagos, devido à sua translocação ser limitada (Coffey, 1992). No entanto, uma vez o fosfato em contato com a superfície da água, há o estímulo ao crescimento das algas, processo chamado de eutroficação, o que resulta em decréscimo na qualidade da água fresca. A decomposição destas algas diminui a quantidade de oxigênio na água, criando um meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos (Cromwell et al., 1993).

Os sistemas de tratamento e armazenamento de dejetos estão em uso atualmente nos sistemas de criações de suínos. O sistema proposto pela Embrapa/UFSC combina o uso do decantador e lagoas e reduz em 85% os custos de armazenagem e distribuição, aumenta em 30% a concentração de NPK por unidade de volume, remove em 98% da carga poluente e 99,9% dos coliformes fecais (Perdomo et al., 1999). Segundo os autores, o decantador é a "peça chave" do sistema por separar as fases sólida e líquida dos dejetos. O decantador remove, de forma geral, 48% da matéria-seca, 45% da carga orgânica ( $DBO_5$ ), 20% do N, 39% do P, 18% do K e 27% dos coliformes fecais; em uma conteúdo de NPK de 7,9 kg/m<sup>3</sup> de lodo. No entanto, de acordo com Eng (1996), o uso de sistemas de tratamento e armazenamento de dejetos não são totalmente satisfatórios para a redução do nutriente em si, principalmente o nitrogênio, que é transformado em nitrato, nitrito e amônia, e que representam as principais substâncias poluentes do ar e das águas. O volume total de dejetos líquidos produzido por um suíno

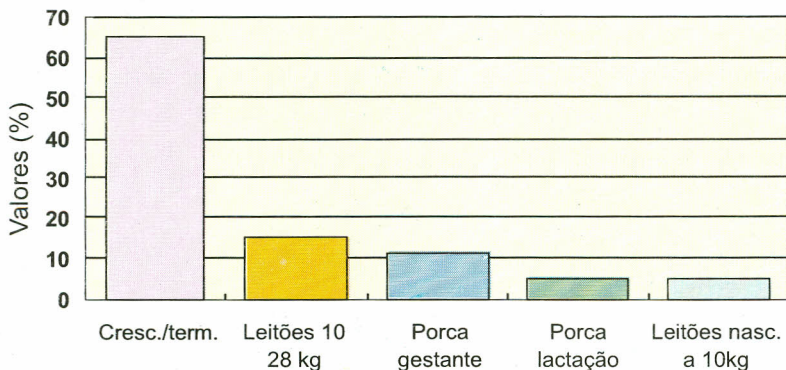
criado dos 28 aos 102 kg de peso corporal varia de 314 litros para um índice de conversão alimentar de 2,75 e 370 litros para um índice de conversão alimentar de 3,02 (Latimier, 1993). O autor ainda ressaltou que para este suíno com ganho de peso total de 74 kg, na fase de crescimento e terminação, a quantidade de nitrogênio excretada é de 3 kg para 5,7 kg ingeridos a um nível constante de 17% de proteína bruta e uma conversão alimentar de 2,8. Porém, ao utilizar um nível decrescente de proteína de 17 para 14% na fase de terminação, a quantidade de nitrogênio excretada é de 2,5 kg para uma ingestão de 5,1 kg de nitrogênio (Figura 3).



**Figura 3** - Balanço do N ingerido, excretado e absorvido por um suíno na fase de crescimento e terminação (28 a 102 kg), com diferentes níveis de proteína na ração, para uma conversão alimentar de 2,8 (Latimier, 1993).

As quantidades de nitrogênio excretadas pelos suínos do nascimento até a terminação encontram-se

na Figura 4, bem como as quantidades excretadas pela porca com os leitões. As fases de crescimento e terminação são responsáveis por 2/3 do nitrogênio excretado pelos animais no sistema de produção (Pinnot, 1990).



**Figura 4** - Quantidade de nitrogênio excretado pelos suínos do nascimento até os 107 kg relativo às fases de produção (Pinnot, 1990).

Por outro lado, na fração sólida de dejetos a quase totalidade do nitrogênio encontra-se fazendo parte dos compostos orgânicos e para tornar-se disponível às plantas deve passar por um processo de mineralização. Em um estudo de incubação aeróbica, Reddy et al. (1979) observaram que 50% do nitrogênio orgânico presente nos dejetos sólidos de suínos foi mineralizado num período de três semanas, enquanto para os dejetos líquidos, grande parte do nitrogênio encontrava-se na

forma amoniacal (mineral), e com um baixo valor de matéria-seca, acarretando na mínima imobilização desse nutriente.

Para reduzir a excreção de nitrogênio é importante diminuir o conteúdo de proteína na dieta. Quando o nível de proteína no alimento é reduzido em 1%, a excreção do nitrogênio reduz em torno de 10% (Evans, 1995). Porém, ressalta o autor, que será necessário suplementar a dieta com aminoácidos sintéticos limitantes, para determinado conjunto de ingredientes. Segundo Stilborn (1998), o uso de dietas diferenciadas por fase do animal e sexo corresponde também a um manejo nutricional muito importante para reduzir não apenas a excreção do nitrogênio nos não-ruminantes, como também a do fósforo. As demais estratégias para redução da excreção do fósforo, segundo o autor, compreendem: (1) utilizar fosfatos altamente disponíveis no alimento, (2) formular dietas à base de fósforo disponível, (3) evitar uma super-suplementação de fosfato inorgânico nas dietas e (4) suplementar as dietas com a enzima fitase.

## **6. Fatores de influência na utilização do fósforo fítico**

Dentre os vários fatores que influenciam a utilização do fósforo fítico, dois se destacam: (a) relação Ca:P e vitamina D e (b) a presença da enzima fitase. Este último fator pode influenciar também a utilização do nitrogênio presente em alimentos protéicos de origem vegetal.

Segundo Maynard et al. (1984), a nutrição adequada de cálcio e fósforo depende de 3 fatores:

ingestão suficiente de cada um dos elementos, proporção racional entre ambos e presença da vitamina D, estando estes valores interrelacionados. Uma alta relação Ca:P diminui a absorção do fósforo, resultando em comprometimento no crescimento e calcificação óssea, especialmente se a dieta apresenta níveis marginais de fósforo (Peo et al., 1969; Vipperman et al., 1974; Quian et al., 1996). A relação é menos crítica se a dieta contém excesso de fósforo (Hall et al., 1991). É sugerido que uma relação Ca:P total para dietas compostas por grãos e farelo de soja esteja entre 1:1 e 1,25:1. Quando baseada em fósforo disponível, a relação fica entre 2:1 e 3:1 (Ketaren et al., 1989; Quian et al., 1996). Uma relação Ca:P mais próxima, tanto em fósforo total ou disponível, provavelmente resultará em utilização mais eficiente do fósforo. Quantidade adequada de vitamina D é também essencial para o metabolismo do cálcio e do fósforo, mas um nível muito alto desta vitamina pode mobilizar quantidades excessivas de cálcio e fósforo dos ossos (Jongbloed, 1987). Entretanto, a forma pela qual o fósforo existe nos alimentos vegetais influencia diretamente na eficiência de sua utilização. Edwards (1991) afirmou que a inclusão na dieta de 1,25-Di-hidro-colecalciferol provavelmente aumenta a utilização do fósforo fítico. Dietas para suínos nas quais o fosfato está na forma de fitato causaram maiores distúrbios no metabolismo do cálcio, diminuindo sua utilização pela formação do complexo insolúvel com o fitato (Pointillart et al., 1985). Por outro lado, altas concentrações de cálcio diminuem a utilização do fósforo fítico em dietas para animais, devido à formação do complexo fitato/cálcio. Segundo os mesmos autores, estes

distúrbios são agravados nas dietas deficientes em vitamina D.

Um certo grau de degradação dos fitatos (desfosforilação, hidrólise) pode acontecer pela presença de fitases intrínsecas das plantas, fitases das bactérias da flora normal do trato gastrointestinal e fitases da mucosa intestinal (Williams e Taylor, 1985), embora Pointillart (1988), citado por Jongbloed et al. (1992), tenha concluído que a atividade da fitase intestinal em suínos não seja suficiente para a hidrólise total dos fitatos. A enzima também é produzida por muitos fungos (*Saccharomyces cerevisiae* e *Aspergillus spp.*), bactérias (*Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*) e leveduras. Segundo Newman (1991), a reação catalizada pela fitase é a seguinte:



Industrialmente a enzima tem sido produzida por fungos do gênero *Aspergillus* através de técnicas de recombinação de DNA; segundo Jongbloed et al. (1992), sua ação máxima ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado. Por ser uma ácido-fosfatase ela atua em pH e temperatura mais amplos que a fitase das plantas, e em condição padrão (37°C, pH 5,0) uma unidade de fitase (UF) libera 1nmol de P inorgânico/min do fitato. A fitase microbiana cataliza a desfosforilação dos resíduos de seis átomos de fósforo do ácido fítico, tendo início no carbono 3, enquanto a

fitase intrínseca das plantas inicia a desfosforilação no sítio do carbono 6 (Pallauf & Rimbach, 1995). A magnitude da resposta da fitase microbiana é influenciada pelo nível de fósforo total e disponível (incluindo fósforo fítico) na dieta, pela quantidade de fitase suplementada, pela relação Ca:P (ou nível de cálcio) e pelo nível de vitamina D (Kornegay, 1996). Altas concentrações de cálcio reduzem a utilização do fósforo e a eficiência da fitase microbiana suplementada em dietas com baixo teor de fósforo quando fornecidas para leitões recém-desmamados (Quian et al., 1996) e suínos em crescimento (Lantzch et al., 1995). Segundo Liu et al. (1998), reduzindo a relação Ca:P para 1,0:1,0 a utilização do fósforo pelos suínos em crescimento e terminação aumenta quando os animais são alimentados com dietas de milho/farelo de soja contendo baixo teor de fósforo e suplementadas com fitase microbiana. Além de existir a formação do complexo fitato/cálcio, há outras possíveis justificativas para explicar o efeito negativo da alta relação Ca:P sobre a eficiência da fitase microbiana suplementada em dietas de não-ruminantes. Alta concentração de cálcio na dieta aumenta o pH do conteúdo intestinal, diminuindo a atividade da fitase (Sandberg et al., 1993) e o cálcio extra poderia diretamente omitir a atividade da fitase por competir com o sítio ativo da enzima (Quian et al., 1996).

## **7 - Efeito da adição da enzima fitase na dieta de suínos em diferentes fases**

### **7.1. Fase pós-desmame**



Ao comparar a adição de fitase nas diferentes fases de suínos, Kemme et al. (1997) concluíram que há uma maior eficiência da enzima quando adicionada em dietas para porcas em lactação e suínos em crescimento e terminação do que para leitões recém-desmamados. Isto ocorre, provavelmente, devido a fitase microbiana exercer sua principal ação no estômago e diferenças nas condições estomacais apresentada por diferentes categorias poderiam causar a variação na eficiência da enzima. Com isso, torna-se necessário níveis mais altos de fitase nas dietas de leitões pós-desmame para que obtenha uma resposta positiva no desempenho destes animais. Segundo Lei et al. (1993), foi observada resposta significativa no ganho de peso, conversão alimentar e melhor utilização do fósforo apenas para as dietas com nível mais alto de fitase, ao comparar diferentes níveis de fitase de 1.050 UF/g e 1.200 UF/g da dieta (*Aspergillus ficuum*).

Em geral, quantidades de fósforo disponível que são usadas na prática são predominantemente baseadas em experimentos com leitões na fase inicial, onde pode-se subestimar a ação da enzima em relação a sua utilização em dietas para suínos em terminação e porcas reprodutivas. Isto ocorre porque na maioria das vezes as dietas para leitões apresentam baixo teor de fósforo fítico, resultando em condições sub-ótimas de substrato para a enzima e reduzindo assim, o seu efeito sobre a disponibilidade do fósforo, cálcio e demais nutrientes. De acordo com Beers e Jongbloed (1992), dietas contendo 3,7 g de fósforo fítico/kg e assumindo que a resposta da fitase é aproximadamente linear em uma faixa de 350 a 600 UF/kg, a quantidade de fitase necessária na dieta para gerar 0,8 g de fósforo

disponível/kg são de 610 UF/kg para leitões, enquanto para suínos em crescimento/terminação, porcas gestantes e porcas lactantes são de apenas 480, 540 e 390 UF/kg da dieta, respectivamente.

Por outro lado, segundo Roberson (1999), para não reduzir o desempenho de leitões, existe uma exigência de 5,0 e de 4,3 g de fósforo/kg de ração, respectivamente, para leitões com 0 – 14 dias e 14 – 28 dias, quando se adiciona a enzima em um nível de 1200 UF/kg de ração. De acordo com o autor, ao adicionar 500 UF/kg na dieta há uma exigência na quantidade de fósforo de 5,7 e 5,0 g/kg nas duas fases, respectivamente. O autor observou redução no desempenho dos animais ao adicionar este mesmo nível de fitase (500 UF) em dietas com as quantidades de 5,0 e 4,6 g de fósforo/kg, ou seja, um pouco abaixo dos níveis citados anteriormente.

## **7.2. Fase crescimento/terminação**

Na ausência de fitase microbiana nas dietas, apenas 20% do fósforo total no milho e 39% do fósforo total no farelo de soja são digeridos pelos suínos (Lenis e Jongbloed, 1999). Em um dos trabalhos realizados por Ludke et al. (2000), foram avaliados diferentes níveis de fitase (0, 300, 600 e 900 UF/kg) adicionados em dietas compostas por milho e farelo de soja com dois níveis de proteína bruta, um nível marginal e outro nível na exigência do animal de 16 e 18%, respectivamente, para suínos em crescimento. Foi observado pelos autores um aumento linear no desempenho dos animais mesmo decrescendo o teor de fósforo fornecido pelo suplemento inorgânico (fosfato

bicálcico) nas dietas suplementadas com fitase. Além disso, foi encontrada uma maior digestibilidade da matéria seca, nitrogênio, cálcio, fósforo e de energia pelos animais alimentados com dietas contendo fitase até 500 UF/kg da dieta. Níveis de fitase na dieta acima deste valor não apresentaram efeito significativo sobre os parâmetros avaliados, provavelmente porque houve uma interferência negativa do cálcio sobre a eficiência da enzima. Ao adicionar a enzima, o nível de cálcio nas dietas não foi reduzido, mas a concentração de fósforo foi reduzida. Com isso, segundo Quian et al. (1996), somente é viável a suplementação de fitase em dietas para suínos quando esta apresentar relação cálcio e fósforo total próxima a 1,2:1. Quando a relação molar dos cátions estiver em 2:1 ou 3:1 com o fitato, a formação do complexo insolúvel será maior (Oberleas e Harland, 1996).

Ao abater os animais do experimento para observar o efeito da fitase (0, 300, 600 e 900 UF/kg) em dietas de milho e farelo de soja (16% e 18% de PB) realizado por Ludke (1999), foi analisada a concentração de nitrogênio no conteúdo intestinal dos animais. Este é um parâmetro que está inversamente relacionado com a digestibilidade e retenção do nitrogênio. A autora observou redução na concentração do nitrogênio no conteúdo intestinal ao adicionar até 461 UF/kg nas dietas contendo 16% de proteína bruta. Isto ocorreu apenas nas dietas com nível marginal de proteína para suínos em crescimento por conter pouca quantidade de farelo de soja na dieta, então a quantidade de aminoácidos liberados foi adequada para seu total aproveitamento, pois reduziu a concentração de nitrogênio no íleo, por ter ocorrido maior absorção

na parte inicial (duodeno) e intermediária (jejuno) do intestino delgado. Enquanto as dietas com 18% de proteína eram compostas de aminoácidos digestíveis suficientes para os animais naquela fase, com isso os aminoácidos liberados do fitato com a ação da enzima, ocasionou até excesso para estes animais ocorrendo maior excreção. Estudos com suínos fistulados indicaram que a hidrólise do ácido fítico pela ação da fitase microbiana (*Aspergillus niger*) ocorre principalmente no estômago (Jongbloed et al., 1991). Jongbloed et al. (1992) trabalharam também com suínos fistulados e encontraram que a digestibilidade ileal do fósforo foi 1,7 a 2,9 vezes maior devido à adição de fitase na dieta.

Harper et al. (1997) estimaram que suplementar dietas com fitase nos níveis de 520 a 580 UF/kg da dieta (*Aspergillus niger*) pode substituir aproximadamente 1 g de fosfato inorgânico/kg da dieta oriundos do fosfato bicálcico ou monocálcico. Pesquisas mostraram que os valores de equivalência do fósforo para a fitase microbiana é variável de 450 a 950 UF/kg (*Aspergillus niger*) da dieta para substituir 1 g de fosfato inorgânico/kg da dieta (Howie, 1997). Esta variação está relacionada com inúmeros fatores como: nível de fósforo total na dieta, conteúdo do fósforo fítico na dieta, nível de cálcio e relação Ca/P e o nível intrínseco da fitase na dieta. O uso da fitase microbiana nas dietas tem a vantagem sobre a utilização do fosfato inorgânico, que é a de promover uma redução no índice de poluição ambiental associado com o teor de fósforo nas fezes dos animais. Diferentes níveis de fitase (0, 750 e 1000 UF/kg) foram adicionados em dietas com ou sem fosfato bicálcico (FB) em um outro experimento

realizado por Ludke (1999). As dietas eram compostas por milho, farelo de soja e com ou sem farelo de arroz desengordurado (FAD), onde foram distribuídos 8 tratamentos, sendo os 4 primeiros constituídos de milho e farelo de soja e os 4 últimos com a adição de 30% de FAD, distribuídos conforme a tabela abaixo:

**Tabela 3** - Composição das dietas

Tratamento	Fad (%)	Fb (%)	Fitase (%)*	Cálcio (%)	Fósforo Total (%)	Fósforo Disponível (%)
T1	0	1,15	0	0,70	0,58	0,35
T2	0	0,29	0,15	0,49	0,41	0,18
T3	0	0	0,15	0,43	0,36	0,13
T4	0	0	0,20	0,43	0,36	0,13
T5	30	0,43	0	0,70	0,93	0,35
T6	30	0	0	0,49	0,85	0,27
T7	30	0	0,15	0,49	0,85	0,27
T8	30	0	0,20	0,43	0,85	0,27

\* Adição do produto comercial

No presente experimento não foi encontrada diferença significativa entre as dietas suplementadas ou não com fosfato inorgânico ou com fitase ao considerar o desempenho dos animais, isto é, as dietas suplementadas com a enzima foram tão eficientes quanto às com suplemento de fósforo inorgânico. Estes resultados concordaram com Harper et al. (1997), que verificaram que as dietas com fitase foram tão eficientes quanto as dietas com nível adequado de fósforo, pois não observaram diferença entre elas. Porém, Ludke (1999), ao avaliar os contrastes T1 X T34 e T5 X T78 encontrou maior quantidade de fósforo

nas fezes dos animais que consumiram as dietas sem fitase (T1 e T5) em relação às com fitase (T34 e T78) de 7,3 g e 6 g de fósforo/kg de MS das fezes à mais, respectivamente. Além disso, a quantidade de cálcio excretado também foi reduzido, de acordo com os mesmos contrastes em: 14,8 g de cálcio/kg MS das fezes (T1) e 1,9 g de cálcio/kg MS dieta (T3 e T4); 6 g de cálcio/kg MS das fezes (T5) e 1,4 g de cálcio/kg MS da dieta (T7 e T8).

Han et al. (1997) registraram que os suínos alimentados com a dieta suplementada com fitase, em relação àquelas suplementadas com fosfato inorgânico, absorveram e retiveram 9% e 19% a mais do fósforo total ingerido, respectivamente, e a excreção de fósforo foi reduzida em 55%.

### **7.3. Fase de gestação e lactação**

As porcas em gestação apresentaram uma eficiência inferior no aproveitamento do fósforo em relação aos leitões e suínos em crescimento/terminação. O aproveitamento do cálcio e fósforo é maior no final da gestação em relação ao período intermediário, aumentando também durante a fase de lactação. A eficiência da fitase em proporcionar fósforo disponível reduz na ordem de porcas em lactação, porcas no final da gestação e porcas no meio da gestação, com quantidade média de 1,03, 0,74 e 0,32 g de P disponível/kg da dieta, respectivamente (Kemme et al., 1997); ou seja, a eficiência da enzima é maior em porcas em lactação. Os autores adicionaram 500 UF/kg nas dietas. Segundo Simonsson (1990) as porcas gestantes, geralmente, excretam em média,

27,8 kg de nitrogênio, 10,3 kg de fósforo e 8,4 kg de potássio por ano nas fezes e urina. Kemme e Jongbloed (1993) encontraram aumento na digestibilidade da matéria orgânica e proteína bruta nas porcas em gestação, enquanto a digestibilidade de fósforo e cálcio foi maior em porcas em lactação. Os autores suplementaram as dietas com 500 UF/kg. Segundo Jongbloed (1997), resultados de vários experimentos demonstraram que 1000 UF/kg adicionados tanto para porcas em gestação quanto para porcas em lactação aumenta a disponibilidade do fósforo de 27 para 51%. Isto sugere que dietas para estes animais suplementadas com fitase necessita de quantidades muito pequenas de suplemento inorgânico (fosfato bicálcico).

## 8. Considerações finais

De acordo com os trabalhos relatados nesta revisão, podemos observar que a enzima Fitase, quando adicionada corretamente na ração dos animais, reduz as quantidades excretadas de nutrientes nas fezes e urina, que quando se encontram em excesso no solo prejudica o meio ambiente. Dentre os principais temos, o nitrogênio e o fósforo.

O efeito da enzima no aumento do aproveitamento do nitrogênio, fósforo e cálcio não é o mesmo para cada categoria de suínos. Para leitões recém-desmamados a excreção do fósforo reduz em 23% e, conseqüentemente, a disponibilidade aumenta em 25% ao ser adicionado 500 UF/kg, mas é recomendável que a concentração de fósforo na dieta seja de 5,0 g/kg, proveniente do suplemento inorgânico (Fosfato Bicálcico). E geralmente, nesta categoria animal, somente ocorre o efeito da enzima sobre o desempenho dos animais quando são adicionados níveis mais altos, superiores a 1000 UF/kg da dieta. Para suínos em crescimento/terminação, níveis entre 300 – 500 UF/kg já proporcionam melhor desempenho dos animais e a redução na quantidade de nitrogênio, fósforo e cálcio excretados é de 8,6%, 69% e 32%, respectivamente; além de melhorar o aproveitamento da energia em 5,4%. Na fase de gestação e lactação para um aumento na eficiência de respectivamente 15% e 21,5%, no aproveitamento do fósforo são utilizados 500 UF/kg da dieta.



## 9. Referências bibliográficas

- ASSADA, K.; KASAI, Z. Formation of myo-inositol and phytin in ripening rice grains. **Plant and Cell and Physiology**, Kyoto, v.3, 1962, 397p.
- ATWAL, A. S.; ESKIN, N. A. M.; McDONALD, B. E. et al. The effects of phytate on nitrogen utilization and zinc metabolism in young rats. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.21, n.2, p.257-267, 1980.
- BEERS, S.; JONGBLOED, A. W. Effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for piglets on their performance and apparent digestibility of phosphorus. **Animal Production**, East Lothian, v.55, n.3, p.425-430, 1992.
- CALVERT, C. C.; BESECKER, R. J.; PLUMLEE, M. P. et al. Apparent digestibility of phosphorus in barley and corn for growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.47, n.2, p.420-426, 1978
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Urbana, v.13, n.4, p.296-335, 1980.
- COFFEY, M. T. An industry perspective on environmental and waste management issues: Challenge for the feed industry. In: GEORGIA NUTRITION CONFEDERATION, 1992, **Proceedings ... Georgia** : University of Georgia, 1992. p.144-148.
- CROMWELL, G. L. Requeriments, biological availability of calcium, phosphorus for swine evaluated. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.60, n.23, p.16, 1989.
- CROMWELL, G. L. Bioavailability of phosphorus in feed ingredients for swine. **Pig News Information**, Aberystwyth, v.13, n.2, p.75N, 1992.
- 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. 7., 1991, Nicholasville. **Proceedings ... Nicholasville** : Alltech Technical Publications, 1991. p.133-145.

- CROMWELL, G. L.; STAHLY, F. S.; COFFEY, R. D.; et al. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.7, p.1831-1840, 1993.
- DeBOLAND, A. R.; GARNER, G. B.; O'DELL, B. L. Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products, **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v.23, n.6, p.1186-1189, 1975.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M. Effects of phytic acid, divalent cations and their interactions on  $\alpha$ -amilase activity. **Journal of Food Science**, v.49, p.516-519, 1984.
- EDWARDS Jr., H. M. Effects of phytase on phytate utilisation by monogastric animals. In: GEORGIA NUTRITION CONFERENCE FOR THE FEED INDUSTRY, 1-8., 1991, Georgia. **Proceedings ... Georgia : University of Georgia**, 1991. p.19-21.
- ENG, K. Nutrition, manure, environment do not equal a simple equation. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.68, n.44, p.11-12, 1996.
- EVANS, A. Designer feeds for pollution control. **Pigs**, Doetinchem, v.11, n.5, p.10-11, 1995.
- GILBERTSON, C. B.; SHUYLER, L. R.; MOORE, J. A. et al. Livestock residue management and pollution control. In: SWEETEN, J. M.; HUMENIK, F. J. (Coord.) **Agriculture and the environment: an examination of critical issues for food policy**. St. Joseph : American Society Agriculture, 1984. p.51.
- HALL, J. S.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of dietary calcium, phosphorus, calcium:phosphorus ratio and vitamin K on performance, bone strength and blood clotting status of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.2, p.646-655, 1991.
- HAN, Y. M.; YANG, F.; ZHOU, A. G. et al. Supplemental phytases of microbial and cereal source improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n.4, p.1017-1025, 1997.

- HARPER, A. F.; KORNEGAY, E. T.; SCHELL, T. C. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance phosphorus digestibility and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n.12, p.3174-3186, 1997.
- HOWIE, M. Phytase may have benefits in corn-soybean meal finisher diets. **Feedstuffs**, Minneapolis, december, n.1, p.10, 1997.
- JONGBLOED, A. W. **Phosphorus in the Feeding of pigs**: effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. Lelystad **Rapport I.V.V.D.**, ed. XVI, n.179, 1987. 343p.
- JONGBLOED, A. W. Digestibility of phosphorus in pig nutrition – experiences in the Netherlands. **Krafftutter**, n.7-8, p.319-324. 1997.
- JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; MROZ, Z. et al. Comparative studies on duodenal, ileal and overall digestibility of dry matter, total phosphorus and phytic acid in pigs using dual-phase markers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991,. **Proceedings ...** Wageningen : EAAP, 1991, p.317-321.
- JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.4, p.1159-1168, 1992.
- KEMME, A. e JONGBLOED, A. W. Effect of plant and microbial phytase on the digestibilities of proximate components Ca and P in diets for older breeding sows in various stages of the reproduction cycle. **Rapport Instituut Voor Veevedingsonderzoek**, n.251, 1993, 31p.
- KEMME, A.; JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z. e BEYNEN, A. C. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. **Journal of Animal Science**, v.75, n., p.2129-2138, 1997.

- KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; DETTMANN, E. B. et al. Criteria for assessing the requirements and availability of phosphorus in growing pigs. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALASIAN PIG SCIENCE ASSOCIATION, 2., 1989. **Proceedings** ... Werribee : APSA, 1989. p.187.
- KNUCKLES, B. E. The effect of phytate and other myo-inositol phosphate esters on lipase activity. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.1, p.250-252, 1988.
- KNUCKLES, B. E.; BETSCHARD, A. A. Effect of phytate and other myo-inositol phosphate esters on alpha-amylase digestion of starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.3, p.719-721, 1987.
- KNUCKLES, B. E.; KUZMICKY, D. D.; BETSCHARD, A. A. Effect of phytate and partially hydrolyzed phytate on in vitro protein digestibility. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.4, p.1080-1082, 1985.
- KNUCKLES, B. E.; KUZMICKY, D. D.; GUMBMAN, M. R. et al. Effect of myo-inositol phosphate esters on "in vitro" and "in vivo" digestion of protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.5, p.1348-1350, 1989.
- KORNEGAY, E. T. Phytase in poultry and swine phosphorus management. In: EASTERN NUTRITION CONFERENCE, **Proceedings**. . . Ottawa : CFIA, 1996. p.71-113.
- LANTZCH, H. J.; WJST, S.; DROCHNER, W. The effect of dietary calcium on the efficacy of microbial phytase in rations for growing pigs. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, Berlin, v.73, n.1, p.19-26, 1995.
- LATIMIER, P. Alimentation et rejets. Mieux dans l'auge, moins dans la fosse! **Porc Magazine**, Rennes, v.252, n.1, p.100-102, 1993.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of Biochemistry**. 3.ed., New York : Worth Publishers, 1993. 1013 p.

- LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R. et al. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.12, p.3368-3375, 1993.
- LENIS, N. P. e JONGBLOED, A. W. New Technologies in low pollution swine diets: Diet manipulation and use of synthetic amino acids, phytase and phase feeding for reduction of nitrogen and phosphorus excretion and ammonia emission – Review. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v.12, n.2, p.305-327, 1999.
- LIU, J.; BOLLINGER, D. W.; LEDOUX, D. R. et al. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemental with microbial phytase for growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.3, p.808-813, 1998.
- LOLAS, G. M.; PALANIDAS, N.; MARKAKIS, P. The phytic acid total phosphorus relation in barley, oats, soybeans and wheat. **Cereal Chemistry**, Minnesota, v.53, n.4, p.867-871, 1976.
- LOTT, J. N. A. Accumulation of seed reserves of phosphorus and other minerals. In: MURRAY, D. R. **Seed Physiology**. New York : Academic Press, 1984. p.139-166.
- LUDKE, M. C. M. M. **O efeito da fitase sobre a disponibilidade do nitrogênio, fósforo e cálcio em dietas para suínos**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 233f. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre, 1999.
- LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; BRUM, P. A. e 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.
- MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.30, n.1, p.1-9, 1982.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. et al. **Nutrição Animal**. 3. ed., Rio de Janeiro : Biblioteca Freitas Bastos, 1984. 726 p.

McDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Gainesville: Academic Press, 1992. 524p.

MICHAEL, B.; ZINK, F.; LANTZCH, H. J. Effect of phosphate application on phytin-phosphorus and other phosphate fractions in developing wheat grains. **Zeitschrift Pflanzen Boden**, Berlin, v.143, n.2, p.369-376, 1980.

MORRIS, E. R. Phytate and mineral bioavailability. In: GRAF, E. **Phytate Chemistry and Application**, Minneapolis : Pilatus, 1986. p.57-76.

NEWMAN, K. Phytase: The enzyme, its origin and characteristics. Impact and potencial for increasing phosphorus availability. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY. 7., 1991, Nicholasville. **Proceedings ...** Nicholasville : 1991. p.169-177.

NRC of Swine. 10. ed. Washington, DC : National Academy, 1998, 189p.

OBERLEAS, D.; HARLAND, B. F. Impact of phytate on nutrient availability. In: COELHO, M. B.; KORNEGAY, E. T. **Phytase in Animal Nutrition and Waste Management**. Mount Olive : BASF Corporation, 1996. p.77-84.

OBERLEAS, D.; MUHRER, M. E.; O'DELL, B. L. Effects of phytic acid on zinc availability and parakeratosis in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.21, n.1, p.57-61, 1962.

O'DELL, B. L.; DeBOLAND, A.; KOIRTYOHANN, S. R. Distribution of phytate and nutritional important elements among the morphological components of cereal grains. **Journal of Agricultural Food Chemical**, Washington, v.20, n.3, p.718-721, 1972.

O'DELL, B. L.; SAVAGE, J. E. Effect of phytic acid on zinc availability. In: THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY MEDICINE, 103., 1960, London. **Proceedings ...** London : SEBM, 1960. p.304-305.

- PALLAUF, J.; RIMBACH, G. Recent results on phytic acid and phytase. In: FORUM ON ANIMAL NUTRITION, 5., 1995, Ludwigshafen. **Proceedings** ... Ludwigshafen : BASF, 1995. p.43-63.
- PEO Jr., E. R.; LIBAL, G. W.; WEHRBEIN, G. F. et al. Effect of dietary increments of calcium and phosphorus on G-F swine. **Journal of Animal Science**, v.29, n.1, p.141 (Abstract), 1969.
- PERDOMO, C. C.; COSTA, R.R.H.; MEDRI, W. e MIRANDA, C. R. Dimensionamento de sistemas de tratamento (Decantador e Lagoas) e utilização de dejetos suínos. **Comunicado Técnico**, Embrapa Suínos e Aves, n.234, p.1-5. 1999.
- PINNOT, R. Les rejets d'azote par les élevages de porcs. **Porc Magazine**, Rennes, v.226, n.8, p.158-161, 1990.
- POINTILLART, A.; FONTAINE, N.; THOMASSET, M. Phytate phosphorus utilization and intestinal phosphatases in pigs fed low phosphorus: wheat on corn diets. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.29, n.2, p.473-483, 1984.
- POINTILLART, A.; FONTAINE, N.; THOMASSET, M. et al. Phosphorus utilisation intestinal phosphatases and hormonal control of calcium metabolism in pigs fed phytic phosphorus: soybean or rapeseed diets. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.32, n.1, p.155-167, 1985.
- QUIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; CONNER Jr., D. E. Adverse effects of wide calcium : phosphorus ratios on supplemental phytase . Efficacy for weaning pigs fed two dietary phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.6, p.1288-1297, 1996.
- REDDY, K. R.; KHALEEL, R.; OVERCASH, M. R. et al. A nonpoint source model for land areas receiving animal wastes : I mineralization of organic nitrogen. **Transactions of the ASAE**, Stanford, v.22, n.4, p.863-872, 1979.
- REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, K. K. Phytases in legumes and cereals. **Advances Food Research**, San Diego, v.28, n.1, p.1, 1982.

- ROBERSON, K. D. Estimation of the phosphorus requirement of weanling pigs fed supplemental phytase. **Animal Feed Science and Technology**, 80(2):91-100, 1999.
- SANDBERG, A. S.; LARSEN, T.; SANDSTRÖM, B. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, p.559-566, 1993.
- SCHWARZ, G. Protecting the environment with an enzyme additive. **Feed Mix**, Doetinchem, v.2, n.1, p.30-32, 1994.
- SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. L.; YOUNG, R. J. **Alimentación de las aves**. Barcelona : GEA, 1973. 507p.
- SIMONSSON, A. T. Turnover of nitrogen, phosphorus and potassium in pig production. *Husdjur*, n.1, 1990, 4p.
- STILLBORN, H. Nutrition influences animal waste output. **Feedstuffs**, Mineapolis, may, n.4, p.20-47, 1998.
- VIPPERMAN Jr., P. E.; PEO Jr., E. R.; CUNNINGHAM, P. J. Effect of dietary calcium and phosphorus level upon calcium, phosphorus and nitrogen balance in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.38, n.4, p.758-765, 1974.
- WILLIAMS, P. J.; TAYLOR, T. G. Comparative study of phytate hydrolysis in the gastrointestinal tract of the golden hamster (*Mesoerictus auratus*) and the laboratory rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.54, n.2, p.429-435, 1985.





---

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Suínos e Aves**

**Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC

Telefone (49) 4428555, Fax (49) 4428559

<http://www.cnpsa.embrapa.br>

[sac@cnpsa.embrapa.br](mailto:sac@cnpsa.embrapa.br)

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA  
E DO ABASTECIMENTO**



Trabalhando em todo o Brasil