

## Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico

### Iron metabolism in swine fed phytase-added diets without mineral vitamin supplement and reduced inorganic phosphorus

Renzo Freire de Almeida<sup>I</sup> Eurípedes Laurindo Lopes<sup>II</sup> Romão da Cunha Nunes<sup>II</sup>  
Moema Pacheco Chediak Matos<sup>III</sup> Jurij Sobestiansky<sup>III</sup> Maria Clorinda Soares Fioravanti<sup>III</sup>  
Ana Paula Ázara de Oliveira<sup>IV</sup> Luciana Moura Rufino<sup>IV</sup>

#### RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o metabolismo do ferro por meio da determinação do eritrograma, contagem de reticulócitos, dosagem de ferro sérico, ferritina sérica e transferrina sérica de suínos em fase de terminação alimentados com dietas contendo fitase, sem suplemento micromineral/vitamínico e redução dos níveis de fósforo inorgânico (Pi). Foram utilizadas 48 fêmeas suínas de linhagem comercial, com peso inicial de 60kg, distribuídas em seis tratamentos com oito animais em cada grupo. A colheita de sangue foi feita em um grupo de 24 animais com 100kg e em outro grupo de 24 animais com 120kg. Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) nos valores obtidos do eritrograma, da contagem de reticulócitos, de ferro sérico e de transferrina para os animais nos tratamentos testados. Com relação à ferritina, verificou-se que os animais até os 100kg de peso vivo que receberam ração sem suplemento micromineral/vitamínico, sem fósforo inorgânico e com fitase apresentaram valores superiores ( $P<0,05$ ) quando comparados aos alimentados com ração sem suplemento micromineral/vitamínico, com fósforo inorgânico e contendo fitase. A enzima, mesmo na ausência de suplementação, garantiu a manutenção de estoques de ferro do organismo. Essa diferença não foi detectada para os animais que foram alimentados com as mesmas rações até os 120kg de peso vivo. Os resultados encontrados neste experimento mostram que a redução do fósforo inorgânico, a retirada do suplemento vitamínico e mineral, bem como a adição da fitase, em dietas para suínos em terminação, não desencadeiam alterações significativas no metabolismo do ferro.

**Palavras-chave:** eritograma, ferro sérico, ferritina sérica, homeostase do ferro, transferrina sérica.

#### ABSTRACT

This research was aimed at evaluating the effect of mineral-vitamin supplement withdrawal associated to reduction of inorganic phosphorus level and addition of phytase in feed on iron metabolism of finishing-phase pigs. Erythrocyte and reticulocyte count, serum iron, ferritin and transferrin quantification was performed. Forty eight hybrid swine females with initial average weight of 60kg were allotted to a completely randomized experimental design with six with four replications of two animals each. Blood was drawn from a group of twenty four 100kg animals and from a second group of twenty four 120kg animals. No differences ( $P>0.05$ ) were observed in erythrocyte and reticulocyte count or serum iron and transferrin quantification. However, ferritin levels were increased in 100kg animals fed basal feed without mineral/vitamin supplement and inorganic phosphorus with phytase when compared to animals fed basal feed without mineral/vitamin supplement with inorganic phosphorus with phytase. The enzyme, even in the absence of supplementation, assured the maintenance of iron reserves in the body. Difference as mentioned above was not detected in 120kg animals. The results of this work suggest that withdrawal of vitamin and mineral supplement combined with reduction of inorganic phosphorus and addition of phytase do not lead to significant changes in iron metabolism.

**Key words:** erythrocyte count, iron homeostasis, serum ferritin, serum iron, serum transferrin.

#### INTRODUÇÃO

A alimentação de suínos representa até 70% do custo de produção; portanto, a retirada dos

<sup>I</sup>Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás (UFG). Av. Universitária com 1ª Avenida s/n, Setor Universitário, 74605-220, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: renzo@farmacia.ufg.br. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Produção Animal, Escola de Veterinária (EV), UFG, Goiânia, Goiás, Brasil.

<sup>III</sup>Departamento de Medicina Veterinária, EV, UFG, Goiânia, Goiás, Brasil.

<sup>IV</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, EV, UFG, Goiânia, Goiás, Brasil.

suplementos micromineral e/ou vitamínico pode significar uma prática vantajosa na produção de suínos (NUNES, 2000). Em torno de 50 a 80% do P presente nos vegetais encontra-se na forma de fitato (OMOGBENIGUN et al., 2003). A utilização de enzimas exógenas permite um melhor aproveitamento de nutrientes, incrementando a utilização do P, dos aminoácidos e da energia, por meio do uso da enzima fitase (TEJEDOR et al., 2001). Essa enzima atua nas ligações do grupo fosfato, liberando o P e outros minerais que fazem parte dessa molécula, como magnésio, cobre, ferro e zinco (MOREIRA et al., 2003).

A presença de fitatos, oxalatos e fosfatos formam complexos com o ferro, retardando sua absorção. O ferro é vital para todas as células e está incluído no grupo heme de citocromos, peroxidases, catalases, mioglobina e hemoglobina. Em outras proteínas, pode ser encontrado na forma sulfúrea (Fe-S), como na ribonucleotídeo redutase, aconitase e desidrogenase succínica. Por outro lado, o ferro pode lesar diferentes tecidos por catalisar a reação que converte peróxidos de oxigênio em íons radicais livres, que destroem a membrana celular, proteínas e o DNA (ZAGO et al., 2001; BOWLUS, 2003; HENTZE et al., 2004).

Para avaliar o metabolismo do ferro, é necessário quantificar as variáveis relacionadas ao ferro orgânico que são o eritrograma, a dosagem de ferro, transferrina e ferritina séricos. O eritrograma é a parte do hemograma que avalia o eritrônio, órgão difuso constituído pela massa eritróide circulante e o tecido eritroblástico da medula óssea, que lhe dá origem. Como a função do eritrônio é exercida pela massa hemoglobínica, a patologia do eritrônio é essencialmente quantitativa. Assim, a insuficiência funcional do eritrônio ou anemia é definida como diminuição da hemoglobina sanguínea; esta costuma acompanhar-se, mas não necessariamente nem de modo paralelo, de baixa do número de eritrócitos (FAILACE, 2003). É importante ressaltar que 65% do ferro orgânico é encontrado na molécula de hemoglobina (GRIFFITHS, 1989; LIEU et al., 2001).

A concentração ferro sérico reflete o ferro que é transportado no plasma ligado à transferrina. Esta concentração encontra-se diminuída nas anemias por deficiência de ferro e aumentada nas hemossideroses. A transferrina é uma proteína de massa molecular 80.000. Ela porta dois átomos de  $Fe^{4+3}$  e libera o ferro às células por interação com os receptores de transferrina da membrana. Está aumentada nas anemias por deficiência de ferro e diminuída nas anemias por doença crônica (WALLACH & KANAAN, 2003; LEWIS et al., 2005).

A ferritina sérica se relaciona com os estoques corpóreos totais de ferro. É a principal proteína para a estocagem de ferro no corpo. A medida que a deficiência de ferro se instala, ocorre diminuição da ferritina sérica, que é seguida, em ordem, por anisocitose, microcitose, eliptocitose, hipocromia, baixa na hemoglobina, baixa no ferro sérico e baixa na saturação e aumento na transferrina (WALLACH & KANAAN, 2003). Está aumentada nas hemocromatoses. O termo anisocitose se refere à desigualdade no tamanho das células, é fornecido pelos contadores eletrônicos por meio do RDW (*red blood cell distribution width*). É um parâmetro objetivo, matematicamente e estatisticamente correto, e de indiscutível utilidade clínica. O seu aumento sugere patologia eritróide (FAILACE, 2003).

Considerando que o excesso e a deficiência de ferro podem causar morte celular, os níveis desse elemento devem ser controlados. O duplo desafio para evitar a deficiência e o excesso de ferro requer distintos mecanismos homeostáticos nas células, nos tecidos e no sistema orgânico (HENTZE et al., 2004).

A realização de trabalhos de pesquisa para determinar o efeito da adição de enzimas microbianas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes em diferentes ingredientes utilizados nas dietas para suínos é de fundamental importância na redução do custo de produção. Como as alterações nutricionais podem afetar a biodisponibilidade dos nutrientes e o ferro é considerado essencial para o organismo animal, o objetivo deste trabalho foi avaliar o metabolismo do ferro por meio da determinação do eritrograma, da contagem de reticulócitos, da dosagem de ferro sérico, ferritina sérica e transferrina sérica de suínos em fase de terminação alimentados com dietas contendo fitase, sem suplemento micromineral/vitamínico e com redução dos níveis de fósforo inorgânico (Pi).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás - UFG. Foi utilizado um galpão de terminação edificado no sentido leste-oeste, contendo 24 baias. Foram utilizadas 48 fêmeas suínas de linhagem comercial, com peso inicial de 60kg. As dietas experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo, utilizando-se as exigências sugeridas pelas tabelas brasileiras (ROSTAGNO et al., 2000). A tabela 1 mostra a composição percentual e os valores nutricionais calculados das rações experimentais. Foram utilizados seis tratamentos com oito animais em cada grupo:

Tabela 1 - Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações experimentais.

Alimento	Composição alimentar					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho	72,37	71,68	71,68	71,52	71,34	71,19
F. Soja-46	16,77	16,35	16,35	16,25	16,15	16,04
F. Trigo	7,22	8,83	8,83	9,21	9,62	10,00
Calcário	1,20	1,21	1,21	1,46	1,72	1,98
Foscálcio	1,17	1,15	1,15	0,78	0,39	0,00
<sup>1</sup> Premix vit suíno	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
L-Lisina-HCL	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Inerte	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
<sup>2</sup> Premix min suíno	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fitase	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
DL-MET 99	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Total	100	100	100	100	100	100
Nutrientes						
Cálcio (%)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Energia Met (kcal/kg)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
P – Disp (%)	0,32	0,32	0,32	0,25	0,18	0,12
P –Total (%)	0,51	0,52	0,52	0,46	0,39	0,32
Proteína (%)	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70	16,70

1 - Suplemento vitamínico, suprindo as seguintes quantidades por kg do produto: 550.000 UI de vit. A, 50.000 UI de vit. D3, 2500mg de vit. E, 550mg de vit.K3, 175mg de vit. B1, 750mg de vit. B6, 3000 mcg de vit. B12, 3750mg de pantotenato de cálcio, 5.500mg de niacina, 2,25g de antioxidante, 6,25g de promotor de crescimento, 75g de cloreto de colina e 75,0mg de selênio.

2 - Suplemento micromineral, suprindo as seguintes quantidades por kg do produto: 30000mg de Mn, 90000mg de Fe, 16000mg de Cu, 140000mg de Zn, 850mg de I e 200mg de Co.

1. Ração basal (grupo controle); 2. Ração 1, sem suplemento micromineral/vitamínico; 3. Ração 2, com fitase; 4. Ração 2 sem 1/3 de Pi e com fitase; 5. Ração 2, sem 2/3 de Pi e com fitase; 6. Ração 2, sem Pi e com fitase.

A enzima fitase (Natuphos 5000<sup>®</sup>, Basf Nutrição Animal, São Bernardo do Campo, São Paulo) foi utilizada na quantidade de 500UF (unidades de fitase) kg<sup>-1</sup>. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, sendo cada animal considerado uma unidade experimental.

A colheita de sangue foi feita em um grupo de 24 fêmeas com 100kg e em outro grupo de 24 animais com 120kg. De cada animal, foram colhidos 10mL de sangue por meio de punção da veia cava, utilizando-se agulhas metálicas (20x100mm). Dos 10mL, foram colocados 2mL em tubo de vidro para a realização do eritrograma e da contagem de reticulócitos (adicionado etilenodiaminotetracetato de sódio – EDTA – 1mg mL<sup>-1</sup> de sangue) (ROSENFELD, 1955) e 8mL foram colocados em tubo de vidro para a obtenção do soro para a quantificação de ferro sérico, ferritina sérica, transferrina sérica. Para isso, os animais foram contidos

em estação, por um auxiliar, por meio de uma corda de seis milímetros inserida em um laço por detrás dos dentes caninos e em torno do maxilar superior, segundo metodologia proposta por MORENO et al. (1997). Após a colheita, as amostras de sangue com anticoagulante foram acondicionadas em isopor sob refrigeração, enquanto que as outras, sem anticoagulante, foram mantidas à temperatura ambiente. Ao término das colheitas, todo o material foi imediatamente encaminhado ao Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da EV/UFG e ao Laboratório Rômulo Rocha da FF/UFG, onde foram processadas no mesmo dia da colheita.

Para obtenção do soro, as amostras foram mantidas em banho-maria a 37°C por 20 minutos, sendo em seguida centrifugadas a 3.000rpm por dez minutos. Os soros, após a separação, foram congelados a - 20°C, até o momento da realização dos exames.

Para obtenção das variáveis hematológicas, utilizou-se contador eletrônico, modelo COULTER Micro Diff II, 18 parâmetros. Para a dosagem de ferro, ferritina e transferrina séricas, utilizou-se o equipamento Shiron Diagnostics – Express-Plus. Distensões de sangue foram feitas sem anticoagulante em lâminas de

vidro e coradas pela técnica de Rosenfeld (RIBEIRO, 1971). Para a contagem de reticulócitos, utilizou-se a coloração de azul de crezil brilhante (CARVALHO, 1999).

Para dosagem de ferro sérico (Kit Ferro Cab®, In Vitro Diagnóstica S/A, Itabira, Minas Gerais), utilizou-se a metodologia colorimétrica fotométrica com LCF – fator clareante de lípidos, onde a intensidade da cor produzida é diretamente proporcional à concentração de ferro na amostra. A temperatura da reação foi de 20-25°C e o comprimento de onda de 623nm.

O teste turbidimétrico foi utilizado para determinação quantitativa da ferritina (Turb FTN – Ferritina®, Ebram, São Paulo, São Paulo). A temperatura da reação foi de 37°C e a leitura foi procedida em comprimento de onda de 600nm. Para a quantificação da transferrina sérica (Turb TRF – Transferrina®, Ebram, monoreagente, sem curva de calibração, 2004, encerrada a produção com esta especificação em novembro de 2005, São Paulo, São Paulo) também foi utilizado o método de turbidimetria. A temperatura da reação foi de 37°C e o comprimento de onda de 340nm. A turbidimetria é uma técnica que se baseia na detecção óptica de partículas muito pequenas suspensas em

líquido. Os resultados foram registrados em planilha específica para posterior análise estatística com o programa Excel 2003, sendo utilizado o teste de Duncan com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O eritrograma, a contagem de reticulócitos, os valores de ferro sérico, ferritina sérica e transferrina sérica de suínos em fase de terminação alimentados com dietas contendo fitase, sem suplemento micromineral/vitamínico e redução dos níveis de fósforo inorgânico estão demonstrados na tabela 2. Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) nos valores obtidos do eritrograma (contagem de hemácias, dosagem de hemoglobina, hematócrito, volume globular médio, hemoglobina globular média, concentração hemoglobina globular média e RDW), da contagem de reticulócitos, ferro sérico e transferrina sérica para os animais nos diferentes tratamentos testados. Resultados semelhantes foram obtidos em um trabalho de NUNES (2000), que avaliou hemograma de suínos na fase de terminação (até 100kg de peso vivo) frente à retirada dos suplementos micromineral/vitamínico. A fitase melhorou a disponibilidade do ferro para a síntese

Tabela 2 - Avaliação do eritrograma, contagem de reticulócitos, ferro sérico, ferritina sérica e transferrina sérica de suínos em fase de terminação alimentados com dietas contendo fitase, sem suplemento micromineral/vitamínico e redução dos níveis de fósforo inorgânico.

Treatment	HEM	HB	HT	VGM	HGM	CHGM	RDW	RET	FE	FT	TF
	10 <sup>12</sup> /L	g/dL	%	fl	pc	%	%	%	µg/dL	ng/dL	mg/dL
100kg-peso vivo											
T1	6,7 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>	37,1 <sup>a</sup>	55,3 <sup>a</sup>	17,2 <sup>a</sup>	31,1 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	251,6 <sup>a</sup>	99,7 <sup>a</sup>	325,5 <sup>a</sup>
T2	6,4 <sup>a</sup>	11,1 <sup>a</sup>	35,3 <sup>a</sup>	55,0 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>	31,5 <sup>a</sup>	18,6 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	192,5 <sup>a</sup>	107,2 <sup>a</sup>	233,3 <sup>a</sup>
T3	6,6 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	36,3 <sup>a</sup>	55,2 <sup>a</sup>	17,2 <sup>a</sup>	31,3 <sup>a</sup>	18,9 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	177,8 <sup>a</sup>	93,0 <sup>a</sup>	233,2 <sup>a</sup>
T4	6,8 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	38,3 <sup>a</sup>	56,5 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	31,0 <sup>a</sup>	18,9 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	165,5 <sup>a</sup>	168,7 <sup>ab</sup>	171,0 <sup>a</sup>
T5	6,8 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>	37,5 <sup>a</sup>	54,9 <sup>a</sup>	17,2 <sup>a</sup>	31,3 <sup>a</sup>	17,6 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	167,1 <sup>a</sup>	176,1 <sup>ab</sup>	289,2 <sup>a</sup>
T6	6,6 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	37,8 <sup>a</sup>	57,0 <sup>a</sup>	17,9 <sup>a</sup>	31,5 <sup>a</sup>	17,7 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	264,1 <sup>a</sup>	219,9 <sup>b</sup>	288,7 <sup>a</sup>
120kg-peso vivo											
T1	6,7 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>	37,4 <sup>a</sup>	55,9 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	31,2 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	149,4 <sup>a</sup>	121,7 <sup>a</sup>	224,0 <sup>a</sup>
T2	6,2 <sup>a</sup>	11,1 <sup>a</sup>	35,2 <sup>a</sup>	56,9 <sup>a</sup>	17,9 <sup>a</sup>	31,5 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	161,4 <sup>a</sup>	149,7 <sup>a</sup>	261,5 <sup>a</sup>
T3	6,8 <sup>a</sup>	12,3 <sup>a</sup>	38,4 <sup>a</sup>	56,7 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>	32,0 <sup>a</sup>	17,8 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	133,4 <sup>a</sup>	135,5 <sup>a</sup>	270,8 <sup>a</sup>
T4	6,4 <sup>a</sup>	11,2 <sup>a</sup>	35,3 <sup>a</sup>	54,7 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	185,5 <sup>a</sup>	141,3 <sup>a</sup>	234,0 <sup>a</sup>
T5	6,5 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	38,1 <sup>a</sup>	58,7 <sup>a</sup>	18,4 <sup>a</sup>	31,4 <sup>a</sup>	17,9 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	205,6 <sup>a</sup>	197,6 <sup>a</sup>	296,5 <sup>a</sup>
T6	6,8 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>	55,2 <sup>a</sup>	17,6 <sup>a</sup>	31,9 <sup>a</sup>	20,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	210,9 <sup>a</sup>	166,2 <sup>a</sup>	267,2 <sup>a</sup>
Valores de referência*	5 a 8	10 a 16	32 a 50	50 a 68	17 a 21	30 a 34	-	0 a 1	50a190**	-	-

HEM=contagem de hemácias; HB=dosagem de hemoglobina; HT=hematócrito; VGM=volume globular médio; HGM=hemoglobina globular média; CHGM=concentração de hemoglobina globular média; RDW="Red Cell Distribution Width"; RET=contagem de reticulócitos; PLAQ=contagem de plaquetas; FE= ferro sérico; FT= ferritina sérica; TF= transferrina sérica; fl= fentolitro; pc=picogramas; g= grama; l= litro. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças estatisticamente significantes (teste de Duncan), ao nível de 5% de probabilidade. \* JAIN & SHALM'S (1986); \*\* MORENO et al. (1997).

de hemoglobina em leitões anêmicos (STAHL et al., 1999). Neste estudo, a fitase não interferiu nos parâmetros de hemoglobina; esta diferença pode ser atribuída à ausência de anemia nos animais testados.

Com relação à ferritina, foi verificado que os animais até 100kg de peso vivo que receberam ração sem suplemento micromineral/vitamínico, sem fósforo inorgânico e com fitase apresentaram valores superiores ( $P < 0,05$ ) de ferritina quando comparados aos alimentados com ração sem suplemento micromineral/vitamínico e com fósforo inorgânico contendo fitase. A dieta com a enzima, mesmo na ausência de suplementação, garantiu a manutenção de estoques de ferro do organismo. Essa diferença não foi detectada para os animais que foram alimentados com as mesmas rações até os 120kg de peso vivo. Este resultado não deve ser estendido para outras espécies, pois em um estudo com duração de quatro meses, realizado com mulheres jovens e saudáveis, foi demonstrado que a adição de fitase a uma dieta rica em fibras não foi suficiente para garantir a manutenção dos níveis adequados de ferro orgânico, determinado por mensuração de hemoglobina e ferritina (KRISTENSEN et al., 2005).

Aproximadamente 40mg de ferro precisam ser absorvidos para cada 1kg de peso ganho para manter a concentração de hemoglobina em  $10\text{g dL}^{-1}$  (EGELI & FRAMSTAD, 1999). A necessidade diária de ferro para leitões situa-se entre 5 e  $10\text{mg dia}^{-1}$ , principalmente nas primeiras semanas. Através do leite materno, 1mg de ferro é suprido, sendo somente 10 a 20% das necessidades reais dos leitões, o que significa que os 80 a 90% restantes são mobilizados dos depósitos de ferro do organismo. Assim, os leitões que se valem do leite materno como única fonte de ferro ficam susceptíveis à anemia tipo microcítica hipocrômica. É preciso acrescentar que o suíno cresce extremamente rápido quando comparado a outras espécies, tendo o seu peso quadruplicado em três semanas (SOBESTIANSKY et al., 1999; SCHWEIGERT et al., 2000).

Considerando os resultados acima, fica fácil compreender a importância do ferro nos primeiros meses de desenvolvimento dos suínos. Neste estudo, não foram observadas alterações importantes no metabolismo do ferro, incluindo seu estoque, provavelmente, pelo curto espaço de tempo do experimento, em torno de dois meses, e também porque foram utilizados animais de terminação, nos quais a necessidade de ferro absorvido para a manutenção do status de ferro no organismo animal é menor.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre os grupos, os parâmetros

analisados são os mais indicados para avaliar o metabolismo do ferro. CALVO & ALLUE (1986), estudando o metabolismo do ferro em leitões, do nascimento até 50 dias de idade e injeção de 100mg de ferro dextrano no dia quatro após o nascimento, verificaram, por meio do hematócrito, dosagem de hemoglobina, ferro plasmático, ferritina plasmática e CTLF (capacidade total de ligação do ferro) que, após a injeção, houve aumento do estoque de ferro até o oitavo dia após nascimento. Houve uma utilização significativa de ferro de seus locais de armazenamento durante duas a três semanas de vida do animal. A administração de 100mg de ferro dextrano não foi suficiente para evitar o aparecimento de anemia ferropênica e também não foi suficiente para manter as reservas desse elemento durante o período de amamentação. Os autores também confirmaram a validade dos parâmetros de ferritina plasmática como indicador confiável da quantidade de ferro estocado no organismo animal. Também SJAASTAD et al. (1996), em estudo sobre o efeito do ferro dextrano (180mg) em leitões anêmicos, verificaram que a contagem de reticulócitos variou de 9 a 17% e a atividade máxima de eritropoetina foi observada 24 a 42 horas após a administração, voltando a valores pré-tratamento 66 horas depois.

Em uma pesquisa com 4.691 leitões criados ao ar livre, na Hungria, SZABO & BIKEI (2002) suplementaram 2.347 suínos jovens com 1,5mL (150mg) de Ferriphor-10% (TAD Pharmaceutical GmbH, Bremerhaven, Alemanha) injetado intramuscularmente, no terceiro dia de idade. Os outros 2.344 leitões não foram suplementados. Os autores verificaram que os suplementados apresentaram maior peso, maior concentração de hemoglobina, menores taxas de morbidade e mortalidade.

Neste estudo, não foi observado excesso de ferro circulante determinado pela dosagem de ferro sérico como também não foi observado aumento no estoque de ferro demonstrado pela dosagem de ferritina. O excesso de ferro atinge a corrente sanguínea após ingestão ou injeção parenteral. O ferro livre no soro, que excede a capacidade de transporte da transferrina, causa danos às membranas celulares, resultando em lesão vascular, hepática, choque e morte (SOBESTIANSKY et al., 1999). Segundo KOURY & DONANGELO (2003), o ferro é transportado, utilizado e estocado ligado a proteínas específicas (transferrina, ferritina), as quais previnem ou minimizam as reações de oxidação catalisadas por este mineral. O íon ferro é muito ativo em reações de óxido-redução. O ciclo redox desse mineral promove a reação de Fenton (abaixo), a qual libera um potente radical oxidante - hidroxila ( $\cdot\text{OH}$ )

- a partir do  $H_2O_2$ , A·OH é capaz de retirar um átomo de hidrogênio dos ácidos graxos polinsaturados da membrana celular e iniciar a peroxidação lipídica. O resultado é o acúmulo de hidroperóxidos que destroem a estrutura e função da membrana.

Suplementação de ferro em altas doses ( $5.102mg\ kg^{-1}$  ferro) causa efeito adverso no desempenho de leitões devido à deficiência de fósforo por interferência na sua absorção (YU et al., 2000). Os resultados aqui obtidos indicam que o uso da fitase não desencadeia liberação excessiva de ferro para o organismo do suíno. Esse fato é particularmente importante, pois o ferro em excesso depositado nos tecidos pode causar lesões graves, particularmente no coração, no fígado e nas glândulas (HOFFBRAND et al., 2004).

## CONCLUSÃO

A redução do fósforo inorgânico, a retirada do suplemento vitamínico e mineral e a adição da fitase em dietas para suínos em terminação não alteram o metabolismo do ferro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da FUNAPE/UFV e do CNPq e a doação da enzima pela Basf Nutrição Animal.

## REFERÊNCIAS

- BOWLUS, C.L. The role of iron in T cell development and autoimmunity. **Autoimmunity Reviews**, Amsterdam, v.2, n.2, p.73-78, 2003.
- CALVO, J.J.; ALLUE, J.R. Plasma ferritin and other parameters related to iron metabolism in piglets. **Comparative Biochemistry and Physiology**, A, London, v.85, n.3, p.471-479, 1986.
- CARVALHO, W.F. **Técnicas médicas de hematologia e imuno-hematologia**. 7.ed. Belo Horizonte: Coopemed, 1999. 180p.
- EGELI, A.K.; FRAMSTAD, T. An evaluation of iron-dextran supplementation in piglets administered by injection on the first, third or fourth day after birth. **Research in Veterinary Science**, London, v.66, n.3, p.179-184, 1999.
- FAILACE, R. **Hemograma: manual e interpretação**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 297p.
- GRIFFITHS, A. Anemia dos leitões. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v.9, p.49-52, 1989.
- HENTZE, W.M. et al. Balancing acts: molecular control of mammalian iron metabolism. **Cell**, Heidelberg, v.117, p.285-297, 2004.
- HOFFBRAND, A.V. et al. **Fundamentos em hematologia**. 4.ed. São Paulo: Artmed, 2004. 358p.
- JAIN, N.C.; SHALMS, O.W. **Schalm's veterinary hematology**. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986. Cap.10, p.240-252.
- KOURY, J.C.; DONANGELO, C.M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.16, n.4, p.433-441, 2003.
- KRISTENSEN, M.B. et al. A decrease in iron status in young healthy women after long-term daily consumption of the recommended intake of fibre-rich wheat bread. **European Journal of Nutrition**, Darmstadt, v.44, n.6, p.334-340, 2005.
- LEWIS, S. M. et al. **I. Hematologia prática de Dacie e Lewis**. 9.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 572p.
- LIEU, P.T. et al. The roles of iron in health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, San Diego, v.22, p.1-87, 2001.
- MOREIRA, J.A. et al. Biodisponibilidade e perdas endógenas mínimas de P em dietas com níveis crescentes de fitase para suínos em crescimento pela técnica de diluição isotópica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.3, p.350-356, 2003.
- MORENO, A.M. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1997. 30p.
- NUNES, R.C. **Retirada dos suplementos micromineral e/ou vitamínico da ração de suínos em fase de terminação. Parâmetros eritroleucométricos e bioquímico-séricos**. 2000. 67f. Tese (Doutorado-produção animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.
- OMOGBENIGUN, F.O. et al. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet feed to early weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1806-1813, 2003.
- RIBEIRO, W.R. **Apontamentos de hematologia prática**. Goiânia: UFG, 1971. 80p.
- ROSENFELD, G. Etilenodiamina tetracética dissódica (EDTA) como anticoagulante para técnica hematológica. **Revista Clínica São Paulo**, São Paulo, v.31, p.65-71, 1955.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras**. Viçosa: UFV, 2000. 61p.
- SCHWEIGERT, F.J. et al. Effect of iron supplementation on plasma levels of vitamins A, E and C in piglets. **Livestock Productin Science**, Amsterdam, v.63, p.297-302, 2000.
- SJAASTAD, O.V. et al. Effect of iron on erythropoietin production in anaemic piglets. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Copenhagen, v.37, n.2, p.133-138, 1996.
- SZABO, P.; BIKEI, G. Iron deficiency in outdoor pig production. **Journal of Veterinary Medicine. Series A**, Berlin, v.49, n.7, p.390-391, 2002.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Clínica e patologia suína**. 2.ed. Goiânia: Art 3 Impressos Especiais, 1999. 464p.

STAHL, C.H. et al. Phytase improves iron bioavailability for hemoglobin synthesis in young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.2135-4212, 1999.

TEJEDOR, A.A. et al. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.802-808, 2001.

YU, B. et al. Bioavailability of iron from amino acid in weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Taiwan, v.86, p.39-52, 2000.

WALLACH, J.; KANAAN, S. **Interpretação de exames laboratoriais**. Rio de Janeiro: Medsi, 2003. 1067p.

ZAGO, M.A. et al. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2001. 1081p.