

Cinética do Radiofósforo em Tecidos de Suínos em Crescimento Alimentados com Dietas contendo Diferentes Fontes de Fósforo¹

Alexandre de Oliveira Teixeira², Darci Clementino Lopes³, João Batista Lopes⁴, Dorinha M. S. S. Vitti⁵, José Aparecido Moreira⁵, Vanusa Patrícia de Araújo Ferreira⁶, Sérgio Miranda Pena⁷, Arele Arlindo Calderano⁷

RESUMO - Foram utilizados 21 leitões machos, castrados, com peso médio de 31,94 kg, para avaliar a cinética do fósforo em tecidos de suínos. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos, três repetições e um animal por unidade experimental. As rações foram à base de milho e de farelo de soja e o P suplementado com os fosfatos: bicálcico (FBC); monobicálcico (MBC); supertriplo (ST); supersimples (SS), rocha catalão (ROCHA) e ácido fosfórico (AcF) e ração-controle sem o P suplementar (CONT). Ao final do sétimo dia de aplicação de 7,4 MBq do radiofósforo (³²P), foram abatidos três animais por tratamento. Animais que receberam CONT apresentaram menor concentração de P nos tecidos que aqueles que consumiram SS e ST. A concentração de P no osso foi superior à do fígado e do rim e menor no coração e no músculo. A taxa de retenção de ³²P decresceu nos tecidos na seguinte ordem: fígado, rim, músculo, coração e osso. A taxa de retenção foi maior nos animais alimentados com a dieta CONT e menor naqueles que receberam AcF e ST. A substituição do P estável pelo radioativo foi maior nos animais que consumiram CONT e menor para os dos tratamentos MBC e ST. Os tecidos do fígado e do rim foram os de maior taxa de substituição, seguidos pelo coração e músculo, sendo o osso o que apresentou menor taxa. A troca do ³²P entre plasma e órgãos decresceu nos tecidos na seguinte ordem: fígado, rim, músculo, coração e osso. A troca foi maior nos animais dos tratamentos ROCHA e CONT. Concluiu-se que o fígado e rim são órgãos importantes no metabolismo do fósforo e que a utilização de dietas com menor nível e fonte orgânica de P suplementadas com fosfato de rocha influenciaram negativamente a taxa de mobilização, captação e retenção do fósforo nos tecidos.

Palavras-chave: absorção, diluição isotópica, metabolismo, nutrição, ³²P, retenção

Radiophosphorus Kinetics in Tissues of Growing Swine Fed Diets Containing Different Sources of Phosphorus

ABSTRACT - Twenty-one castrated male pigs averaging 31.94 kg were used to evaluate phosphorus kinetics in swine tissues. The experiment was arranged in randomized blocks, with seven treatments, four replicates and one pig/box. The diets were corn and soybean meal-based and P supplementation from the following sources: dicalcium (FBC), monocalcium (MBC), triple superphosphate (ST); simple superphosphate (SS), Catalão rock (ROCHA) phosphoric acid (AcF), and diet controls without supplemental P (CONT). At the end of the seventh day applying the 7,4MBq of ³²P, three animals were slaughtered per treatment. Animals fed CONT presented a smaller concentration of P in the tissues and those fed SS and ST presented greater concentration. P concentration in the bone was superior to that in the liver and kidney, with the smallest was observed in the heart and muscle. The rate of ³²P retention in the tissues decreased as follows: liver, kidney, muscle, heart and bone. Retention rate was highest in the animals fed diet CONT and smallest in the animals fed AcF and ST. Substitution of stable P by radioactive P was greater in the animals fed CONT and smaller for MBC and ST. The liver and kidney presented the highest substitution rate, followed by the heart and muscle, with the bone presenting a smaller rate. The exchange of ³²P between plasma and the organs decreased in the tissues in the following order: liver, kidney, muscle, heart and bone. The exchange was greater in the animals fed diet ROCHA and CONT. It was concluded that the liver and kidney are important organs in phosphorus metabolism. The use of diets a smaller level and organic source of P and supplemented with rock phosphate had a negative influence on the mobilization rate, reception and retention of phosphorus in the animals' tissues.

Key Words: absorption, isotopic dilution, metabolism, nutrition, ³²P, retention

¹ Projeto parcialmente financiado pela BUNGE FERTILIZANTES S/A.

² Zootecnista e doutor em Zootecnia - UFV - 36.571-000 - Viçosa - MG (alexandre.teixeira@bunge.com).

³ Professor do Departamento de Zootecnia - UFV - 36.571-000 - Viçosa - MG.

⁴ Professor do Departamento de Zootecnia - UFPI - Teresina - PI.

⁵ Pesquisadores do Departamento de Nutrição Animal - CENA/USP - Piracicaba - MG.

⁶ Zootecnista e professora titular da FEAD - Belo Horizonte - MG.

⁷ Graduando em Zootecnia - UFV - 36.571-000 - Viçosa - MG.

Introdução

Na homeostase do fósforo (P), o organismo utiliza mecanismos fisiológicos, visando manter o equilíbrio do mineral na corrente sanguínea, por meio de hormônios e enzimas que regulam a captação do elemento no plasma e nos fluidos intersticiais e a mobilização das reservas lábeis. A utilização do radiofósforo ^{32}P como marcador plasmático trouxe contribuição para o entendimento dos mecanismos de absorção, do local de depósito e da mobilização deste mineral nos tecidos. Isso pode ser feito pela determinação da concentração, taxa de retenção e atividade específica padronizada e relativa nos tecidos, como medida desse estudo (Carvalho, 1998).

A taxa de retenção do ^{32}P comprova como o fósforo intercombina com o plasma e os fluidos intersticiais. A maior ou menor taxa de retenção do marcador pelo tecido vai traduzir o quanto esse tecido é ativo na mobilização do elemento. A atividade específica relativa é um índice de atividade metabólica nos tecidos, sendo usada para remover o efeito aparente de outros processos importantes, como a formação dos ossos sobre a captação de P dos tecidos moles (Smith et al., 1952). A padronização pode ser feita considerando-se a atividade injetada em relação ao peso vivo dos animais, chamada atividade específica padronizada. Assim, a incorporação de fósforo varia entre os diversos tecidos, sendo influenciada pela idade do animal, pelo intervalo da injeção do traçador à coleta do material e pela permeabilidade das células ao íon fósforo (Abou-Houssein et al., 1968).

Smith et al. (1951), trabalhando com suínos, e Smith et al. (1952), com ovinos, constataram que a atividade específica padronizada e relativa do ^{32}P decresceu na seguinte ordem: fígado, rim, coração e músculo, mostrando, assim, quais os locais de rápido intercâmbio do fósforo com os fluidos extracelulares.

Em estudo conduzido por Figueirêdo et al. (1998), foi verificado que a utilização de diferentes fontes de fósforo para suínos na fase de crescimento (23 kg) não afetou a distribuição do fósforo nos tecidos e que a retenção do ^{32}P nos tecidos obedeceu à seguinte ordem decrescente: coração, fígado, rim, músculo e osso.

Lopes et al. (1999) não observaram influência dos níveis crescentes de P na dieta para suínos em crescimento (20 kg) sobre a concentração de P nos tecidos; a taxa de retenção de ^{32}P decresceu nos tecidos na seguinte ordem: rim, coração, músculo,

fígado e osso, independentemente da quantidade de P consumido. As trocas de P entre o plasma e os tecidos, osso, fígado e rim cresceram com o aumento da ingestão de P da dieta.

O experimento foi desenvolvido para determinação da cinética do fósforo em tecidos de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo, utilizando o radiofósforo ^{32}P como marcador, por meio das variáveis concentração de P, taxa de retenção do ^{32}P e atividade específica e padronizada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, no período de 19 de outubro a 5 de novembro de 2001.

Foram utilizados 21 leitões machos, castrados, com peso médio de 31,94 kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições, adotando-se, como critério na formação dos blocos, o peso e a idade dos animais.

Os animais foram alojados em gaiolas de estudos metabólicos, estruturadas para separar fezes e urina, com dispositivos para o fornecimento de alimento e de água semelhantes às descritas por Pekas (1968). Após período de adaptação às gaiolas e às rações (sete dias), procedeu-se à coleta de amostras de sangue, durante os sete dias consecutivos.

As rações foram à base de milho e de farelo de soja, sendo o P suplementado pelos fosfatos: bicálcico (FBC), monobicálcico (MBC), superfosfato triplo (ST), superfosfato simples (SS), rocha catalão (ROCHA) e ácido fosfórico (AcF) e ração-controle sem o P suplementar (CONT).

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais dos leitões (exceto a ração-controle), conforme recomendações de Rostagno et al. (2000). A composição centesimal e os valores nutricionais das rações experimentais são apresentados na Tabela 1.

Na fase de adaptação, as rações experimentais foram fornecidas à vontade, em duas refeições diárias (às 10 e 18 h), sendo o consumo devidamente registrado a cada repetição.

Durante a fase de coleta, as rações experimentais também foram distribuídas em duas refeições, porém com o consumo diário com base no peso metabólico

Tabela 1 - Composição das rações experimentais

Table 1 - Composition of the experimental diets

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Rações experimentais <i>Experimental diets</i>						
	CONT	FBC	MBC	ST	SS	AcF	ROCHA
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30
Milho <i>Corn</i>	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00
L-lisina <i>L-Lysine HCl</i>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Sal <i>Salt</i>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Mistura mineral ¹ <i>Mineral mix</i>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mistura vitamínica ² <i>Vitamin mix</i>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Areia lavada <i>Washed sand</i>	1,78	1,23	1,15	1,06	0,00	0,70	1,62
Calcário <i>Limestone</i>	1,72	0,99	1,17	1,28	0,36	1,78	0,00
Fosfato bicálcico ³ <i>Dicalcium phosphate</i>	-	1,28	-	-	-	-	-
Fosfato monobicálcico ³ <i>Monocalcium phosphate</i>	-	-	1,18	-	-	-	-
Superfosfato triplo ³ <i>Triple superphosphate</i>	-	-	-	1,16	-	-	-
Superfosfato simples ³ <i>Simple superphosphate</i>	-	-	-	-	3,14	-	-
Ácido fosfórico ³ <i>Phosphoric acid</i>	-	-	-	-	-	1,02	-
Fosfato rocha Catalão ³ <i>Phosphate Catalão rock</i>	-	-	-	-	-	-	1,88
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada ⁴ <i>Calculated composition⁴</i>							
Energia digestível (kcal/kg) <i>Digestible energy</i>	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
Proteína (%) <i>Crude protein</i>	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,321	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780	0,780
Sódio (%) <i>Sodium</i>	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157
Lisina total (%) <i>Total lysine</i>	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287
Met. + cistina (%) <i>Methionine+cystine</i>	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586
Treonina (%) <i>Threonine</i>	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Triptofano (%) <i>Tryptophan</i>	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212

¹ Conteúdo/kg (*Content/kg*): 100 g Fe; 10 g Cu; 1 g Co; 40 g Mn; 100 g Zn; 1,5 g I; 1.000 g excipiente (*vehicle*) selênio (*Selenium*) - 0,3 g q.s.p.

² Conteúdo/kg (*Content/kg*): vit A - 6.000.000 UI; D₃ - 1.500.000 UI; E - 15.000 UI; B₁ - 1,35; B₂ - 4 g; B₆ - 2 g; ácido pantotênico (*Pantotenic acid*) - 9,35 g; vit K₃ - 1,5 g; ácido nicotínico (*Nicotinic acid*) - 20,0 g; vit B₁₂ - 20,0 g; ácido fólico (*Folic acid*) - 0,6 g; biotina (*Biotin*) - 0,08 g; excipiente (*vehicle*) q.s.p. - 1.000 g.

³ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Conteúdo (%) de cálcio e fósforo (Ca; P) das fontes: FBC: (23,25; 18,66), MBC: (19,5; 20,29), ST: (16,46; 20,63), SS: (17,2; 7,62); AcF: (0,00; 19,68) e ROCHA: (36,00; 12,73).

³ Analyses were performed at the Laboratory of Animal Nutrition of the Department of Animal Science of UFV: Content (%) of the calcium and phosphorus (Ca; P) of the source: FBC: (23.25; 18.66), MBC: (19.5; 20.29), ST: (16.46; 20.63), SS: (17.2; 7.62); AcF: (.00; 19.68) and ROCHA: (36.00; 12.73).

⁴ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2000).

⁴ Calculated composition according to Rostagno et al. (2000).

($W^{0,75}$), considerando-se o menor consumo entre os animais de cada bloco, observado na fase pré-experimental, com água à vontade.

No início da fase experimental, 7,4 MBq de ^{32}P , como fosfato de sódio ($\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$), livre de carregador, foram injetados em cada animal, por via endovenosa. Ao final do sétimo dia de aplicação do ^{32}P (último dia do ensaio de metabolismo do P), do grupo de 28 animais, foram escolhidos ao acaso 21 leitões, abatendo-se três por tratamento e coletando-se amostras de osso (10^a a 14^a costelas), fígado, coração, rim e músculo (*Longissimus dorsi*), para avaliação da cinética do fósforo. Para estudo de cinética do P nos tecidos, as amostras de sangue foram as mesmas coletadas para o ensaio de metabolismo.

A detecção da radioatividade nas amostras de plasma e dos tecidos foi realizada em espectrômetro de cintilação líquida por efeito Cerenkov (IAEA, 1979). O conteúdo de fósforo inorgânico no plasma foi determinado por colorimetria, segundo Fiske & Subbarow (1925), e dos tecidos, pelo método vanadato-molibdato (Sarruge & Haag, 1974). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

Os cálculos do percentual das atividades específicas ($^{32}\text{P}/\text{P total}$) foram feitos de acordo com Lofgreen (1960).

Para todos os tecidos coletados, calculou-se, além da concentração de P (mg/g matéria seca), a retenção do P radiativo, a atividade específica padronizada (AEP) e a atividade específica relativa (AER), como descrito a seguir:

$$\text{Retenção de } ^{32}\text{P} = \frac{\text{cpm da amostra do tecido/g MS}}{\frac{\text{cpm dose injetada}}{\text{mg P/g MS kg}}}$$

em que:

cpm = contagem por minuto.

$$\text{AEP} = \frac{\text{cpm da amostra do tecido/g MS}}{\frac{\text{mg P/g MS}}{\text{cpm dose injetada}}}$$

$$\text{AER} = \frac{\text{atividade específica do tecido (AET)}}{\text{atividade específica do plasma (AEP)}}$$

A análise estatística dos parâmetros estudados no experimento foi realizada de acordo com o programa Statistical Analysis System (SAS, 1996). Utilizou-se o delineamento em esquema de parcela subdividida, sendo as fontes de fósforo as parcelas e os tecidos as subparcelas. Foi feita análise de variância e aplicou-se o teste “t” para comparação das médias entre as fontes e os tecidos.

Resultados e Discussão

Os valores médios da concentração de fósforo inorgânico no osso, fígado, coração, rim e músculo, em função da dieta experimental, encontram-se na Tabela 2.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as diferentes fontes de fósforo e os tecidos analisados, para todos os parâmetros estudados.

As fontes de fósforo influenciaram ($P<0,05$) a concentração do mineral nos tecidos estudados. A menor concentração de P ($P<0,05$) ocorreu nos tecidos dos animais que consumiram a dieta CONT, que continha P apenas na forma orgânica, e a maior ($P<0,05$), nos animais que consumiram o SS e ST como fonte suplementar de fósforo, sendo os demais tratamentos intermediários e semelhantes ($P>0,05$) entre si.

A maior ($P<0,05$) concentração de P inorgânico foi encontrada no osso, seguido pelo fígado e rim ($P>0,05$), e a menor ($P<0,05$), no coração e no músculo. Estes resultados foram diferentes dos relatados por Lopes et al. (1999), que não observaram diferença entre as concentrações de P nos tecidos moles. No entanto, a concentração de P no osso foi maior que nos outros tecidos, o que está em consonância com os dados descritos por Underwood (1981), Peo Jr. (1991), McDowell (1992), Lopes et al. (1999) e Figueirêdo et al. (1998). Segundo esses autores, no organismo animal, o osso concentra maior proporção de fósforo, podendo atingir níveis entre 75 e 85% do total absorvido.

Apesar de não ter havido diferença, pode-se observar que os animais que consumiram a dieta CONT apresentaram concentração de fósforo nos ossos 7,87% abaixo da média, chegando a ser 12,35% menor que nos suínos que receberam a dieta com SS.

A taxa média de retenção de ^{32}P nos tecidos foi influenciada ($P<0,05$) pelas diferentes fontes de fósforo (Tabela 3). A maior retenção ($P<0,05$) ocorreu nos

tecidos dos animais que consumiram a dieta CONT, que contém P apenas na forma orgânica, e a menor ($P < 0,05$) naqueles que receberam o AcF e o ST como fonte suplementar de fósforo, sendo os demais tratamentos intermediários e semelhantes ($P > 0,05$) entre si.

A retenção de ^{32}P no rim e no fígado foi maior ($P < 0,05$) que no músculo e no coração, mas foi menor ($P < 0,05$) no osso. Estes resultados corroboram os descritos por Lopes et al. (1999), que encontraram maior taxa de retenção no rim ($P < 0,05$), seguido pelo fígado, coração e músculo, enquanto o osso teve a

Tabela 2 - Efeito das fontes de fósforo (P) sobre a concentração de P inorgânico nos tecidos de suínos

Table 2 - Effect of the phosphorus (P) sources on the concentration of inorganic P in swine tissue

Fontes de P <i>P sources</i>	Concentração de P nos tecidos (mg/g de MS) ¹ <i>Concentration of P in the tissue (mg/g DM)</i>					Média <i>Mean</i>
	Coração	Músculo	Rim	Fígado	Osso	
	<i>Heart</i>	<i>Muscle</i>	<i>Kidney</i>	<i>Liver</i>	<i>Bone</i>	
CONT	6,131	5,970	9,303	9,619	69,901	20,185C
FBC	6,557	5,487	7,712	9,068	75,156	20,796BC
MBC	6,891	6,345	8,663	9,615	77,665	21,836AB
ST	7,425	6,715	9,997	10,619	80,393	23,030A
SS	6,815	7,052	8,824	8,724	81,131	22,509A
AcF	6,423	6,648	9,136	9,290	79,167	22,135AB
ROCHA	6,121	6,079	9,184	10,145	74,258	21,157BC
Média	6,623c	6,328c	8,974b	9,582b	76,81a	CV=6,77%

¹ ($P < 0,05$) Médias seguidas de letras distintas na linha ou coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls.

¹ ($P < 0,05$) Means followed by different letters in a line or column are different by Student-Newman-Keuls.test.

² CONT: ração-controle; FBC: fosfato bicálcico; MBC: fosfato monobicálcico; ST: superfosfato triplo; SS: superfosfato simples; AcF: ácido fosfórico; ROCHA: fosfato de rocha catalão.

² CONT: control diet; FBC: dicalcium phosphate; MBC: monocalcium phosphate; ST: triple superphosphate; SS: simple superphosphate; AcF: phosphoric acid; ROCHA: phosphate catalão rock.

Tabela 3 - Efeito das fontes de fósforo (P) sobre ^{32}P retido nos tecidos de suínos

Table 3 - Effect of phosphorus (P) sources on ^{32}P retention in swine tissue

Fontes de P <i>P sources</i>	^{32}P retido nos tecidos (%) ¹ ^{32}P retention in the tissue (%)					Média <i>Mean</i>
	Coração	Músculo	Rim	Fígado	Osso	
	<i>Heart</i>	<i>Muscle</i>	<i>Kidney</i>	<i>Liver</i>	<i>Bone</i>	
CONT	0,0069	0,0077	0,0082	0,0083	0,0047	0,0072A
FBC	0,0061	0,0065	0,0077	0,0072	0,0041	0,0063AB
MBC	0,0051	0,0055	0,0060	0,0061	0,0037	0,0053AB
ST	0,0048	0,0049	0,0053	0,0056	0,0039	0,0049B
SS	0,0060	0,0056	0,0063	0,0071	0,0033	0,0057AB
AcF	0,0051	0,0055	0,0058	0,0055	0,0036	0,0051B
ROCHA	0,0063	0,0052	0,0067	0,0065	0,0047	0,0059AB
Média	0,0057b	0,0059b	0,0066a	0,0066a	0,0040c	CV=16,70%

¹ ($P < 0,05$) Médias seguidas de letras distintas na linha ou coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls.

¹ ($P < 0,05$) Means followed by different letters in a line or column are different by Student-Newman-Keuls.test.

² CONT: ração-controle; FBC: fosfato bicálcico; MBC: fosfato monobicálcico; ST: superfosfato triplo; SS: superfosfato simples; AcF: ácido fosfórico; ROCHA: fosfato de rocha catalão.

² CONT: control diet; FBC: dicalcium phosphate; MBC: monocalcium phosphate; ST: triple superphosphate; SS: simple superphosphate; AcF: phosphoric acid; ROCHA: phosphate catalão rock.

menor ($P < 0,05$) taxa. Entretanto, Figueirêdo et al. (1998) constataram que o coração incorporou ^{32}P em níveis similares aos do fígado, rim e músculo, porém superiores ao do osso.

Valores semelhantes foram registrados por Abou-Hussein et al. (1968), Lobão e Crocomo (1974), em estudos com ovinos e Bueno (1997), com caprinos. Porém, os níveis encontrados neste estudo divergiram dos achados de Vitti et al. (1992), que, ao trabalharem com ovinos, encontraram maior taxa de incorporação no osso, seguido pelo fígado, rim e músculo.

Segundo Lopes et al. (1999), a baixa retenção de ^{32}P no osso pode ser decorrente da curta duração do período experimental (14 dias), pois seria insuficiente para haver maior incorporação de fósforo nas células ósseas.

Os valores da atividade específica padronizada (AEP) nos tecidos, em função das diferentes fontes de fósforo, são descritos na Tabela 4.

As diferentes fontes de P fornecido aos leitões influenciaram ($P < 0,05$) os valores médios da AEP nos tecidos. Os maiores valores de AEP foram encontrados nos animais que consumiram a dietas CONT, ROCHA e FBC, que não diferiram entre si ($P > 0,05$), seguidos pelos que se alimentaram com dieta contendo MBC ($P < 0,05$). Os menores valores foram obtidos com SS, AcF e ST, que, por sua vez, foram semelhantes entre si ($P > 0,05$), caracterizando menor substituição do P

estável pelo radioativo nessas fontes.

Verificou-se que a AEP apresentou o mesmo comportamento do ^{32}P retido nos tecidos. Os maiores valores foram observados no fígado e no rim, seguidos pelo músculo e pelo coração, e o menor, nos ossos.

Smith et al. (1951) e Figueirêdo et al. (1998) detectaram que a AEP decresceu, em tecidos de suínos, na seguinte ordem: fígado, rim, coração e músculo, diferindo de Lopes et al. (1999) (rim, coração, fígado e músculo). No entanto, na maioria dos trabalhos, verifica-se menor taxa de mobilização no osso. De acordo com Lopes et al. (1999), a menor taxa de AEP no osso, provavelmente, está relacionada ao maior conteúdo de fósforo existente neste tecido.

Os valores da atividade específica relativa (AER) para coração, músculo, rim, fígado e osso são apresentados na Tabela 5.

As fontes de P consumidas pelos leitões influenciaram ($P < 0,05$) a AER dos tecidos. Animais que consumiram dieta contendo ROCHA e a fonte orgânica de P (CONT) tiveram maior taxa de troca entre o plasma e os tecidos em estudo, não havendo diferença ($P > 0,05$) entre os demais tratamentos.

O maior valor de AER ($P < 0,05$) foi encontrado no fígado e rim, seguidos pelo músculo, coração e osso ($P < 0,05$), revelando a importância do fígado e do rim no intercâmbio do fósforo no interior das células.

Esse comportamento diverge do observado por

Tabela 4 - Efeito das fontes de fósforo (P) sobre a atividade específica padronizada nos tecidos de suínos

Table 4 - Effect of the phosphorus (P) sources on the standardize specific activity in swine tissue

Fontes de P <i>P sources</i>	Atividade específica padronizada ¹ <i>Standardize specific activity</i>					Média <i>Mean</i>
	Coração <i>Heart</i>	Músculo <i>Muscle</i>	Rim <i>Kidney</i>	Fígado <i>Liver</i>	Osso <i>Bone</i>	
CONT	0,2066	0,2321	0,2403	0,2408	0,1398	0,219A
FBC	0,1864	0,2002	0,2314	0,2178	0,1265	0,1925AB
MBC	0,1673	0,1811	0,1928	0,2012	0,1233	0,1731B
ST	0,1563	0,1565	0,1705	0,1840	0,1199	0,1574C
SS	0,1781	0,1726	0,1886	0,2146	0,0969	0,1702BC
AcF	0,1649	0,1808	0,1849	0,1758	0,1163	0,1645BC
ROCHA	0,2014	0,1660	0,2148	0,2080	0,1522	0,1885AB
Média <i>Mean</i>	0,1801b	0,1842b	0,2033a	0,2060a	0,1250c	CV=16,75%

¹ ($P < 0,05$) Médias seguidas de letras distintas na linha ou coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls.

¹ ($P < 0,05$) Means followed by different letters in a line or column are different by Student-Newman-Keuls.test.

² CONT: ração-controle; FBC: fosfato bicálcico; MBC: fosfato monobicálcico; ST: superfosfato triplo; SS: superfosfato simples; AcF: ácido fosfórico; ROCHA: fosfato de rocha catalão.

² CONT: control diet; FBC: dicalcium phosphate; MBC: monocalcium phosphate; ST: triple superphosphate; SS: simple superphosphate; AcF: phosphoric acid; ROCHA: phosphate catalão rock.

Tabela 5 - Efeito das fontes de fósforo (P) sobre a atividade específica relativa nos tecidos de suínos
 Table 5 - Effect of the phosphorus (P) sources on the relative specific activity in swine tissue

Fontes de P <i>P sources</i>	Atividade específica padronizada ¹ <i>Standardize specific activity</i>					Média <i>Mean</i>
	Coração <i>Heart</i>	Músculo <i>Muscle</i>	Rim <i>Kidney</i>	Fígado <i>Liver</i>	Osso <i>Bone</i>	
CONT	0,3711	0,4169	0,4254	0,4212	0,2466	0,3762AB
FBC	0,3050	0,3263	0,3551	0,3421	0,2084	0,3074B
MBC	0,2853	0,3107	0,3167	0,3406	0,2141	0,2935B
ST	0,2794	0,2782	0,3022	0,3296	0,2083	0,2796B
SS	0,3168	0,3112	0,3364	0,3825	0,1739	0,3042B
AcF	0,3050	0,3389	0,3329	0,3180	0,2092	0,3008B
ROCHA	0,4899	0,4054	0,5220	0,5060	0,3645	0,4576A
Média <i>Mean</i>	0,3361c	0,3411b	0,3701ab	0,3771a	0,2322dCV=16,82%	

¹ (P<0,05) Médias seguidas de letras distintas na linha ou coluna diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls.

¹ (P<.05) Means followed by different letters in a line or column are different by Student-Newman-Keuls.test.

² CONT: ração-controle; FBC: fosfato bicálcico; MBC: fosfato monobicálcico; ST: superfosfato triplo; SS: superfosfato simples; AcF: ácido fosfórico; ROCHA: fosfato de rocha Catalão.

² CONT: control diet; FBC: dicalcium phosphate; MBC: monocalcium phosphate; ST: triple superphosphate; SS: simple superphosphate; AcF: phosphoric acid; e ROCHA: phosphate Catalão rock.

Lopes et al. (1999), que observaram maior AER no músculo, seguido pelo osso, fígado, coração e rim. Valores semelhantes ao desta pesquisa foram relatados por Smith et al. (1951).

Segundo Annenkov (1982), o fósforo é rapidamente metabolizado no fígado e rim, enquanto no osso é mais lento. Infere-se que, nos tecidos com menor teor de fósforo, como os tecidos moles, o intercâmbio do fósforo das células (mobilização e captação) com fluidos extracelulares é maior, fazendo com que maior proporção de fósforo estável seja substituída pelo radioisótopo (Lopes et al., 1999).

Conclusões

O fígado e rim são órgãos importantes no metabolismo do fósforo. A utilização de dietas com menor nível e fonte orgânica de P suplementadas com fosfato de rocha influenciaram negativamente a taxa de mobilização, captação e retenção do fósforo nos tecidos.

Literatura Citada

ABOU-HOUSSEIN, E.R.; RAAFAS, M.A.; EL GINDI; I.M. et al. Metabolism of ³²P in sheep. Pakist. **Journal of Science Resource**, v.20, n.1/2, p.28-33, 1968.

ANNENKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in blood. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. (Eds.) **Mineral nutrition of animals**. 1.ed. London: Butterworths, 1982. p.243-253.

BUENO, S.M. **Níveis de fósforo para caprinos: metabolismo, cinética e digestibilidade aparente**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1997. 57p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, 1997.

CARVALHO, F.F.R. **Efeito de níveis de fósforo sobre digestibilidade, metabolismo, perdas endógenas e cinética de fósforo em cabritos Saanem**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1998. 83p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual Paulista, 1998.

FIGUEIRÊDO, A.V.; VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B. Cinética do radiofósforo em tecidos de suínos em crescimento, alimentados com dietas contendo diferentes fontes fosfatadas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.207-209.

FISKE, C.H.; SUBBARROW, Y. The calorimetric determination of phosphorus. **Journal Biological Chemistry**, v.66, n.2, p.375-400, 1925.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Laboratory training manual on the use of nuclear techniques in animal research**. Vienna: IAEA, 1979, 299p. (Technical Report Series, 193)

LOBÃO, A.O.; CROCOMO, O.J. Retenção de fósforo radioativo (³²P) em tecidos de ovinos. **Boletim Indústria Animal**, v.31, n.2, p.261-291, 1974.

LOFGREEN, G.P. The availability of the phosphorus in dicalcium phosphate, bone meal, soft phosphate and calcium phytates for mature wethers. **Journal Nutrition**, v.70, n.1, p.58-62, 1960.

LOPES, J.B.; VITTI, D.M.S.S.; FIGUEIRÊDO, A.V. et al. Cinética do fósforo em tecidos de suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.779-784, 1999.

McDOWELL, L.R. **Mineral in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

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

- PEO JR., E.R. Calcium, phosphorus and vitamin D in swine nutrition. In: MILLER, E.R.; ULREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Eds.) **Swine nutrition**. Boston: Butterworth-Hainemann, 1991. p.165-182.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.141.
- SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 56p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS System for Windows**. release 6.12 Cary: 1996 (01 CD-ROM).
- SMITH, A.H.; KLEIBER, M.; BLACK, A.L. et al. Distribution of intravenously injected radioactive phosphorus (P^{32}) among sheep tissue. **Journal of Animal Science**, v.11, n.4, p.638-645, 1952.
- SMITH, A.H.; KLEIBER, M.; BLACK, A.L. et al. Distribution of intravenously injected radioactive phosphorus (^{32}P) among swine tissue. **Journal of Animal Science**, v.10, n.4, p.893-901, 1951.
- UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. 2.ed. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. 179p.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; MEIRELLES, C.F. Cinética do fósforo em ovinos suplementados com diferentes fontes fosfatadas através da técnica de diluição isotópica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.44, n.3, p.227-233, 1992.

Recebido em: 06/04/03

Aceito em: 01/12/03