

SILVANO BÜNZEN

**DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DO FÓSFORO DE
ALIMENTOS DETERMINADA COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO E EM
TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B942d
2005

Bünzen, Silvano, 1978-

Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e em terminação / Silvano Bünzen. – Viçosa: UFV, 2005. xv, 72f : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografias.

1. Suíno – Nutrição. 2. Suíno – Alimentação e rações - Fontes de fósforo. 3. Suíno – digestibilidade. 4. Fósforo na nutrição. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDD 22.ed. 636.4085

SILVANO BÜNZEN

DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DO FÓSFORO DE
ALIMENTOS DETERMINADA COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO E EM
TERMINAÇÃO

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de "Magister Scientiae".

APROVADA: 01 de Agosto de 2005.



Prof. Darci Clementino Lopes
(Conselheiro)



Prof. Paulo Cezar Gomes
(Conselheiro)



Prof. Luiz Fernando T. Albino



Dr. Julio Maria R. Pupa



Prof. Horácio Santiago Rostagno
(Orientador)

“Não há nada melhor que despertar o prazer e o amor pelos estudos, caso
contrário só se formam bons carregadores de livros”
(Michel de Montaigne)

“Se não puder se destacar pelo talento, vença pelo esforço”
(Dave Weinbaum)

“Acabou nosso carnaval
Ninguém ouve cantar canções
Ninguém passa mais brincando feliz
E nos corações
Saudades e cinza foi o que restou
.....
E no entanto é preciso cantar
Mais do que nunca é preciso cantar...”
(Vinícius de Moraes)

A Deus.

Aos meus pais.

A minha irmã Celita, pelo apoio e confiança.

As grandes amizades que encontrei pelo caminho.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Horácio Santiago Rostagno, pelos valiosos ensinamentos, pela orientação, pelo estímulo e confiança.

Aos professores conselheiros e membros da banca examinadora Professores Darci Clementino Lopes, Luiz Fernando Teixeira Albino, Paulo Cezar Gomes e ao Dr. Julio Maria Ribeiro Pupa, pelas valiosas sugestões, que possibilitaram o aprimoramento deste estudo e pelo estímulo e amizades durante todo o curso.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Francisco Ilário (“Chico”), Francisco Ferreira (“Marreco”), José Lopes (“Bié”), Raimundo, Sebastião (“Tião”), Vítor e Roberto, pelo apoio e pela amizade, e ao funcionário José Alberto “Dedeco”, pela dedicação, pela presteza e pelo apoio, fundamental na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, em especial a Adriano, Elísio, José Lino e Mauro Godoi, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, especialmente a Vera e ao Fernando, pelo auxílio, amizade e agradável convívio.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial a Venâncio, Celeste, Márcia, Rosana, Mário e ao Edson (Xerox), pelo apoio e amizade, e a Fernanda (cantina), pelo cafezinho de todo dia.

Aos estudantes de graduação Alysson Saraiva, Camila Gaudereto Borsatto, Daniel Cotta e Silva, Mário Luiz Santana Junior, Priscila, Tatiana e todos aqueles auxiliaram na condução dos trabalhos.

Aos estudantes da Pós-Graduação, Flavio Hashimoto, Douglas Haese (“Gibi”), Fabrício (“Kubroca”), Lidson Ramos Nery, Marcelle Santana de Araújo, Mariana Rossoni, Márvio Lobão Teixeira de Abreu, Regina Tie Umigi

e Reinaldo Morata, pela amizade e pelo agradável convívio em diversos momentos de estudo e confraternização.

Aos doutores Alexandre de Oliveira Teixeira (“Tatu”), Débora Cristina de Oliveira Carvalho (“Botão”), Gerson Fausto e Marli Arena Dionízio, que enquanto estiveram nesta casa muito contribuíram para a minha formação.

Aos amigos que formaram uma nova família, Fabiano Branco Rocha (“Bibi”), Gustavo Cavalcante (“GutoBravo”) e Halley Passos, pelo carinho, apoio, amizade e paciência.

A todos que me acolheram neste departamento e nesta cidade, e que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Este trabalho é fruto de muito esforço e dedicação. Somente aqueles que acompanharam e participaram podem imaginar o grau de satisfação. Impossível deixar de compartilhar tal alegria com pessoas que foram tão importantes no percurso deste caminhar e, a quem agradeço de forma especial:

A família, em nome de Celita Bünzen, a quem possibilitou que tais conquistas pudessem ser atingidas, meu eterno agradecimento.

À Lourdes Romão Apolônio, pessoa especial em minha vida, a quem o apoio foi fundamental, obrigado por tanto tempo de carinho, amizade...pelo dia a dia e pelo companheirismo incondicionais.

E ao meu amigo André Viana Coelho de Souza, pela orientação e apoio, principalmente nas épocas mais difíceis, desde os tempos de graduação, a quem deu a oportunidade de trabalho no momento certo, iniciando-me na área de nutrição de monogástricos.

BIOGRAFIA

Silvano Bünzen, filho de Fridolino Bünzen e Enilda Kratz Bünzen, nasceu em Marechal Cândido Rondon - PR, em 17 de junho de 1978.

Em março de 1998, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em agosto de 2003.

Em seguida, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na UFV, em nível de Mestrado, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em 01 de agosto de 2005.

ÍNDICE

RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DO FÓSFORO DE ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL UTILIZADOS EM DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E EM TERMINAÇÃO	5
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DO FÓSFORO DE ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL UTILIZADOS EM DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E EM TERMINAÇÃO	25
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRA DO FÓSFORO DE FONTES DE FÓSFORO INORGÂNICO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO	41
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
CONCLUSÃO GERAL	58
ANEXOS	59

RESUMO

Bünzen, Silvano, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2005.
Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e em terminação.
Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Conselheiros: Darci Clementino Lopes e Paulo Cezar Gomes.

Três experimentos foram realizados para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo em alimentos utilizados na formulação de dietas para suínos em crescimento e em terminação. No primeiro experimento foi conduzido um ensaio metabólico para determinar a digestibilidade de fósforo em 11 alimentos de origem vegetal e uma ração referência, sendo os alimentos avaliados milho, sorgo, farelos de glúten de milho com 22 e 60% de proteína bruta, farelos de algodão com 30 e 40% de proteína bruta, farelo de trigo, farelo de soja, concentrado protéico de soja, soja integral extrusada e levedura desidratada de cana de açúcar. Foram utilizados 78 suínos, machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 12, sendo duas metodologias, coleta total de fezes e indicador fecal (Cr_2O_3); duas fases, com 36 animais na fase de crescimento e 36 animais na fase de terminação e 12 tratamentos (11 alimentos de origem vegetal e uma ração referência) com três repetições para cada tratamento. Três animais para cada fase foram alimentados com uma dieta com baixo conteúdo de fósforo para determinar as perdas endógenas de fósforo. Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo encontrados com suínos em crescimento e terminação para os alimentos avaliados foram 45,01 e 68,32% para o milho; 31,3 e 66,97% para o sorgo; 31,84 e 41,31% para o farelo de glúten de milho 22% de PB; 38,28 e 53,20%

para o farelo de glúten de milho 60% de PB; 32,42 e 40,61% para o farelo de algodão com 30% de PB; 37,50 e 43,95% para o farelo de algodão com 40% de PB; 50,76 e 55,74% para o farelo de trigo; 38,75 e 52,19% para o farelo de soja; 33,61 e 41,21% para o concentrado protéico de soja; 41,67 e 55,81% para a soja integral extrusada e 56,84 e 66,56% para a levedura desidratada de cana de açúcar. Não há diferença entre as metodologias e maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira foram encontradas na fase de terminação.

No segundo experimento foram determinados os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo em alimentos de origem animal. Foram utilizados 48 suínos, machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 7, sendo duas metodologias, coleta total de fezes e indicador fecal (Cr_2O_3); duas fases, com 21 suínos na fase de crescimento e 21 suínos na fase de terminação; e sete tratamentos (seis alimentos e uma ração referência) com três repetições por tratamento. Três animais para cada fase foram alimentados com uma dieta com baixo conteúdo de fósforo para estimar as perdas endógenas de fósforo e determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo. Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira obtidos com animais em crescimento e terminação para os alimentos foram: 61,67 e 62,04% para a farinha de carne e ossos 35% de PB; 62,28 e 62,92% para a farinha de carne e ossos 41% de PB; 48,97 e 52,47% para a farinha de vísceras e penas; 72,34 e 90,77% para a farinha de penas; 85,54 e 88,46% para a farinha de peixe 55% de PB e; 79,98 e 92,02% para o soro de leite em pó. Não há diferenças entre as metodologias utilizadas e os tratamentos nas fases avaliadas.

No terceiro experimento foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo em quatro fontes de fósforo inorgânico: fosfato bicálcico, fosfato monobicálcico, fosfato monocálcico e farinha de ossos autoclavada. Foram utilizados 36 suínos, machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 5, sendo duas metodologias, coleta total de fezes e indicador fecal (Cr_2O_3); duas

fases, com 15 suínos na fase de crescimento e 15 suínos na fase de terminação e cinco tratamentos (quatro fontes de fósforo inorgânico e uma ração referência) com três repetições por tratamento. Três animais para cada fase foram alimentados com uma dieta com baixo conteúdo de fósforo para estimar as perdas endógenas de fósforo. Os coeficientes médios de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo encontrados foram 66,48 e 66,44% para o fosfato bicálcico; 80,62 e 80,58% para o fosfato monocálcico; 76,25 e 76,13% para o fosfato monobicálcico e 61,54 e 61,81% para a farinha de ossos autoclavada. Não há diferenças entre as metodologias avaliadas e entre a média dos coeficientes obtidos nas diferentes fases.

ABSTRACT

Bünzen, Silvano, M.S., Universidade Federal de Viçosa, august, 2005.
Coefficients of digestibility apparent and true of phosphorus of feedstuffs used in diets for swines in growing and finishing phases.
Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Committee members: Darci Clementino Lopes and Paulo César Gomes.

Three trials were conducted in order to determine both the apparent and true digestibility coefficients of phosphorus from feeds used in ration formulation for growing and finishing pigs. In the first experiment, a metabolic trial was carried out to determine the phosphorus digestibility from 11 vegetal origin feeds and one standard ration. The feeds evaluated were corn, sorghum, corn gluten meal (22 and 60 % CP), cottonseed meal (30 and 40 % CP), wheat middlings meal, soybean meal, soybean proteic concentrate, whole soybean (extruded) and dehydrated sugar cane yeast. Seventy eight pigs (castrated males) were used, being randomly assigned into metabolism cages, in a 2 x 2 x 12 factorial design, being 2 methodologies (total feces collection and fecal marker, Cr₂O₃), 2 phases, with 36 animals in the growing and 36 in the finishing phase, and 12 treatments (11 vegetal origin feeds and one standard ration), with three replicates used for each treatment. Within each phase, three animals were fed a low phosphorus diet as a mean of determining the endogenous phosphorus excretion. The apparent and true phosphorus digestibilities coefficients found with growing and finishing pigs, for the feeds herein evaluated were: 45,01 and 68,32 % for the corn; 31,3 and 66,97% for the sorghum; 31,84 and 41,31% for the 22 % CP corn gluten meal; 38,28 and 53,20% for the 60% CP corn gluten meal; 32,42 and 40,61% for the 30% CP cottonseed meal; 37,50 and 43,95% for the 40% CP cottonseed meal; 50,76 and 55,74% for the wheat middlings meal; 38,75 and 52,19% for the soybean meal; 33,61 and 41,21% for the soybean proteic concentrate; 41,67 and 55,81% for the whole extruded soybean; and 56,84 and 66,56% for the dehydrated sugar cane yeast. There wasn't detected any

difference between the two methodologies tested, however higher values of apparent and true phosphorus digestibility coefficients were found in the finishing phase.

In the second trial both apparent and true digestibility coefficients of phosphorus from animal origin feeds were determined. Forty eight pigs (castrated males) were used, being randomly assigned into metabolism cages, in a 2 x 2 x 7 factorial design, being 2 methodologies (total feces collection and fecal marker, Cr_2O_3), 2 phases, with 21 animals in the growing phase and 21 in the finishing phase, and 7 treatments (six animal origin feeds and one standard ration), with three replicates used for each treatment. Within each phase, three animals were fed a low phosphorus diet as a mean of determining the endogenous phosphorus excretion and the true phosphorus digestibility. The apparent and true phosphorus digestibilities coefficients found with growing and finishing pigs, for the animal feeds herein evaluated were: 61,67 and 62,04% for the 35% CP meat and bone meal; 62,28 and 62,92% for the 41% CP meat and bone meal; 48,97 and 52,47% for the feather and poultry by-products meal; 72,34 and 90,77% for the feather meal; 85,54 and 88,46% for the 55% CP fish meal; and 79,98 and 92,02% for the powder milk whey. No difference was detected between the methodologies and phases evaluated.

In the third experiment both the apparent and true digestibility coefficients of phosphorus from four inorganic sources (dicalcium phosphate, monocalcium phosphate, monocalcium phosphate and autoclaved bone meal) were determined. Thirty six animals (castrated males) were used, being randomly assigned into metabolism cages, in a 2 x 2 x 5 factorial design, being 2 methodologies (total feces collection and fecal marker, Cr_2O_3), 2 phases, with 15 animals in the growing phase and 15 in the finishing phase, and 5 treatments (four inorganic sources of phosphorus and one standard ration), with three replicates used for each treatment. Within each phase, three animals were fed a low phosphorus diet as a mean of estimating the endogenous phosphorus excretion. The mean values for the apparent and true digestibility coefficients of the phosphorus obtained for the inorganic sources were: 66,48 and 66,44% for the dicalcium phosphate; 80,62 and 80,58% for the monocalcium phosphate; 76,25 and 76,13% for the

monocalcium phosphate; and 61,54 and 61,81% for the autoclaved bone meal. There wasn't detected any difference between the methodologies tested and among the meal values of the digestibility coefficients obtained in both phases.

INTRODUÇÃO

A suinocultura é um segmento do agronegócio nacional de importância consolidada, representando grande parte do total de carnes produzido no país. Os ingredientes que compõem as rações representam a porção mais onerosa dos custos de produção e o adequado fornecimento de nutrientes é essencial para o máximo desenvolvimento de crescimento e deposição de carnes pelo animal.

Dos minerais, o fósforo assume caráter relevante na nutrição. É considerado elemento essencial para a formação da estrutura óssea e participa de inúmeros processos metabólicos, como a formação de membranas celulares, constituintes de fosfolípidios, fosfoproteínas, sistemas enzimáticos envolvidos no metabolismo de carboidratos e gordura, transferência de energia (na forma de ATP) e ainda regulação do equilíbrio ácido-básico (Nunes, 1998), encontrando-se num estado de contínuo intercâmbio entre os ossos e sangue (Maynard et al., 1984).

O fósforo vem sendo objeto de várias pesquisas, devido não somente a sua importância econômica, mas também por sua importância ambiental. Em face da deficiência deste nutriente nos ingredientes normalmente utilizados na formulação de rações, exige-se a suplementação com fontes inorgânicas deste mineral, o que eleva os custos da alimentação, tornando-o o terceiro nutriente mais oneroso da ração para monogástricos, ficando atrás da energia e da proteína. Dietas com excesso de fósforo e a fração de fósforo não disponível para absorção (fósforo fítico), são eliminados nas fezes, tornando este mineral o segundo nutriente mais poluente, após o nitrogênio.

Nos ingredientes de origem vegetal, nos quais são baseadas as rações para suínos, a maior parte sendo de grãos de cereais, apresenta o fósforo sob a forma orgânica, sendo o fósforo fítico o fosfoglicídeo mais abundante, correspondendo a aproximadamente 70% do fósforo total. A maioria das rações contém ainda altos níveis de cálcio com relação a outros minerais, e podem complexar com o fósforo fítico presente, formando sais

insolúveis, no qual tanto o fósforo quanto o cálcio são indisponibilizados para o animal (Nelson, 1968).

Os alimentos de origem animal, como as farinhas de ossos e as farinhas de carne e ossos são boas fontes dietéticas de fósforo, possuindo maior disponibilidade que os alimentos de origem vegetal, pois este se apresenta na forma inorgânica, melhor aproveitada pelos animais. A utilização destes ingredientes na alimentação dos suínos, além de diminuir a necessidade de suplementação de fósforo com fontes inorgânicas, possibilita o aproveitamento destas matérias primas consideradas como resíduos.

Visto que de qualquer forma a suplementação inorgânica pode ser necessária, a fonte de fósforo normalmente utilizada tem sido o fosfato bicálcico. Por ser uma fonte mineral esgotável e de custo elevado, tem-se buscado outros fosfatos e a farinha de ossos como fontes alternativas de suplementação mineral.

No passado as exigências de fósforo eram expressas em fósforo total, levando em consideração o conteúdo total de fósforo presente na dieta. Gradualmente tem se mudado para o sistema de exigências de fósforo digestível, assim como ocorreu com aminoácidos digestíveis e energia digestível. O fósforo adquire particular importância devido a grande quantidade do complexo fitato presente nos alimentos de origem vegetal. O fósforo não absorvido é liberado nas fezes trazendo problemas de contaminação ambiental, o que na prática, já vem limitando a produção de suínos em muitos países da Europa (Jongbloed et al., 1997).

Vários ensaios têm sido conduzidos para avaliar a utilização de fósforo pelos suínos, sendo avaliados parâmetros de desempenho e outros mais sensíveis como cinza no osso, resistência à quebra, fósforo no osso, fósforo sérico e atividade da fosfatase alcalina, porém estes últimos são onerosos em custo e trabalho. Os resultados da disponibilidade do fósforo dos alimentos obtidos através da informação do fósforo da dieta que foi depositado são descritos em relação a um alimento considerado padrão, cuja disponibilidade é atribuída em 100%, normalmente o fosfato bicálcico.

Alguns autores sugerem que a disponibilidade do fósforo pode ser estimada através dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira

do fósforo dos alimentos (Fan et al., 2001; Shen et al, 2002), possuindo vantagens práticas na sua determinação. Shen et al (2002) recomenda ainda que, ao se determinar os coeficientes de digestibilidade do fósforo devem ser consideradas as perdas endógenas eliminadas nas fezes, produzidas pelo próprio animal (fósforo proveniente do muco, descamação de células e enzimas) e que representam uma via de excreção de fósforo.

Sabendo-se que o intestino grosso não representa papel de relevância na absorção de fósforo e, que a disponibilidade do fósforo dos alimentos pode ser obtida usando os valores de fósforo digestível dos alimentos, pretende-se então determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do fósforo de alimentos para suínos em crescimento e em terminação.

Os artigos foram editorados com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia, com adaptações das normas para elaboração de tese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAN, M. Z., T. ARCHBOLD, W. C. SAUER, D. LACKEYRAM, T. RIDEOUT, Y. GAO, C. F. M. DE LANGE, AND R. R. HACKER. 2001. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of nutrition** 131:2388–2396.
- JONGBLOED, A. W. Y; KEMME, P. A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. 1997. **XIII Curso de Especialización FEDNA: AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. p. 189-201.
- MAYNARD, L. A; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. et al. 1984. **Nutrição animal**. 3ed. Rio de Janeiro Freitas Bastos, 726p.
- NUNES, I.J. 1998. **Nutrição Animal Básica** 2ed. Ed. FEP-MVZ/UFMG. Belo Horizonte, MG.
- NELSON, T.S.; FERRARA, L.W.; STORER, N.L. 1968. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. **Poultry Science**, 47 : 1372.
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A.; ARCHBOLD, T. 2002. Use of the Regression Analysis Technique to Determine the True Phosphorus Digestibility and the Endogenous Phosphorus Output Associated with Corn in Growing Pigs. **Journal of nutrition** 132: 1199–1206.

Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada com suínos em crescimento e em terminação

RESUMO – Foram utilizados 78 suínos mestiços, machos castrados, distribuídos em gaiolas de metabolismo, num delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 12 (metodologias x fases x tratamentos) com três repetições, para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de 11 alimentos de origem vegetal e uma ração referência. Duas metodologias foram avaliadas, sendo a metodologia de coleta total de fezes e a do indicador fecal (Cr_2O_3), em duas fases de produção, utilizando-se 36 animais com peso médio de 25 kg para a fase de crescimento e 36 animais com peso médio de 60 kg para a fase de terminação. Seis animais foram utilizados ainda num tratamento composto por uma dieta com baixo conteúdo de fósforo para estimar as perdas endógenas de fósforo nos animais, nas diferentes fases. Os alimentos foram incluídos nas dietas experimentais de modo a fornecer 0,15% de fósforo à ração referência. Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo encontrados com suínos em crescimento e terminação para os alimentos avaliados foram 45,01 e 68,32% para o milho; 31,30 e 66,97% para o sorgo; 31,84 e 41,31% para o farelo de glúten de milho 22% de PB; 38,28 e 53,20% farelo de glúten de milho 60% de PB; 32,42 e 40,61% para o farelo de algodão com 30% de PB; 37,50 e 43,95% para o farelo de algodão com 40% de PB; 50,76 e 55,74% para o farelo de trigo; 38,75 e 52,19% para o farelo de soja; 33,61 e 41,21% para o concentrado protéico de soja; 41,67 e 55,81% a soja integral extrusada e, 56,84 e 66,56% para a levedura desidratada de cana de açúcar. Não há diferença entre as metodologias de coleta total e de óxido crômico e, maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo foram encontradas nos alimentos na fase de terminação.

Palavras-chave: coleta total de fezes, fósforo digestível, suínos, óxido crômico

Apparent and True Digestibility Coefficients of Phosphorus of Feedstuffs of Vegetal Origin for Swines in Growing and Finishing Phases

ABSTRACT – In order to determine phosphorous digestible coefficients of eleven vegetal origin feedstuff, crossbred barrows were used, placed in metabolism cages, in a randomized experimental design, with a factorial arrangement 2 x 2 x 12 (methodologies x phases x treatments) with three replicates. An evaluation of different methodologies, total collect and fecal marker (Cr_2O_3), in two production phases, used 36 animals with 25 kg of body weight for growing phase and 36 animals with 60 kg of body weight for finishing phase. Six animals were used in a treatment composed for a low phosphorus content diet to estimate the endogenous losses of phosphorus, in different phases, to determine the true digestibility feedstuffs phosphorous. The feedstuffs were included in the diets supplying 0,15% of phosphorus. The apparent and true phosphorus digestibilities coefficients obtained were: 45,01 and 68,32% for the corn; 31,3 and 66,97% for the sorghum; 31,84 and 41,31% for the 22% CP corn gluten meal; 38,28 and 53,20% for the 60% CP corn gluten meal; 32,42 and 40,61% for the 30% CP cottonseed meal; 37,50 and 43,95% for the 40% CP cottonseed meal; 50,76 and 55,74% for the wheat middlings meal; 38,75 and 52,19% for the soybean meal; 33,61 and 41,21% for the soybean proteic concentrate; 41,67 and 55,81% for the whole extruded soybean; and 56,84 and 66,56% for the dehydrated sugar cane yeast. There wasn't detected any differences between the two methodologies tested, and bigger phosphorus digestible coefficients were found in the finishing phase.

Key words: chromium oxide, digestible phosphorus, swine, total feces collection

Introdução

De todos os minerais necessários para o desenvolvimento saudável dos animais, o fósforo assume papel de grande importância na nutrição de suínos. Entre suas principais funções, é considerado elemento essencial para a formação da estrutura óssea e participa de inúmeros processos metabólicos, como a formação de membranas celulares e para utilização e transferência de energia (na forma de ATP). Este mineral vem sendo objeto de estudo, não somente por sua importância econômica, mas também por sua importância ambiental. É o terceiro nutriente mais oneroso da ração para monogástricos, ficando atrás da energia e da proteína e o segundo nutriente mais poluente, após o nitrogênio.

O conteúdo de fósforo das matérias primas de origem vegetal apresenta-se de forma majoritária como fósforo orgânico, sendo que o ácido fítico é o fosfoglicídeo mais abundante, que aparece na forma de inositol fosfato. Em torno de 60-80% do fósforo total de grãos e subprodutos se encontram sob a forma de ácido fítico e seus sais, geralmente fitatos de Ca (Ravindran et al., 1999). Possui ainda capacidade de formar sais insolúveis com outros cátions (Mg, Zn, Cu, Co, Fe, Mn) e com aminoácidos e amido (Sauer et al., 1986). O fósforo contido nos fitatos é muito pouco disponível para aves e suínos porque eles carecem da enzima específica para romper e separar o fósforo da molécula de inositol, o que faz com que a maior parte do fósforo fítico aparece nas fezes.

Numerosos estudos tem sido conduzidos a fim de se otimizar o aproveitamento do fósforo dos alimentos e reduzir sua excreção, ajustando o consumo de fósforo as reais necessidades dos animais, através de estudos das exigências de acordo com a espécie e a idade, a avaliação da digestibilidade e disponibilidade deste nutriente e a incorporação de aditivos na dieta, como fitases exógenas (Jongbloed et al., 1990; O'Quinn et al. 1997; Shen et al., 2002).

A disponibilidade e digestibilidade são formas de se avaliar a utilização biológica deste mineral pelos animais. Jongbloed et al. (1990) sugerem que a disponibilidade do fósforo pode ser estimada através dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo dos alimentos, o que de

acordo com O'Quinn et al. (1997) possui vantagens econômicas e práticas, por ser um ensaio relativamente rápido e barato.

Existe uma grande variação com relação aos valores de fósforo digestíveis encontrados na literatura, que segundo Shen et al. (2002), pode ser atribuída a variação no conteúdo de fósforo total dos ingredientes, especialmente naqueles que possuem níveis naturalmente baixos de fósforo, como o milho, onde as perdas endógenas se tornam mais expressivas. O mesmo autor sugere que as perdas de fósforo endógeno, que ocorrem através do muco, células de descamação e enzimas, devem ser consideradas na determinação da digestibilidade deste nutriente, obtendo valores de digestibilidade verdadeira do fósforo.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem vegetal utilizados em rações para suínos em crescimento e em terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 2003 a março de 2004.

Foram utilizados 78 suínos, machos castrados, provenientes de uma granja comercial com bom status sanitário. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 12 (metodologias x fases x tratamentos), com três repetições, sendo os tratamentos compostos por 11 alimentos de origem vegetal e uma ração referência.

As metodologias avaliadas foram as da coleta total de fezes e a do indicador fecal – óxido crômico (Cr_2O_3), utilizadas simultaneamente.

Foram utilizados 36 animais com peso médio de 25 kg, representando a fase de crescimento e 36 animais com peso médio de 60 kg para a fase de terminação.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, ripado nas laterais e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um período de 12 dias, sendo sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais, e cinco dias de coleta de fezes e urina.

Uma ração referência foi utilizada nas fases de crescimento e terminação, suplementadas com aminoácidos sintéticos e contendo 0,17% de P total, de modo a atender as exigências dos animais segundo Rostagno et al. (2000), exceto para fósforo (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição centesimal da ração referência

Ingrediente	Quantidade %
Milho	40,59
Farinha de milho	20,00
Açúcar	10,00
Amido	10,00
Farelo de soja (45%)	8,00
Óleo	2,80
Plasma sangüíneo	2,73
Calcário	2,16
Concentrado protéico de soja	1,50
Sal	0,21
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,06
BHT	0,01
Inerte	1,00
L-Lisina HCl	0,44
DL-Metionina	0,16
L-Treonina	0,15
L-Triptofano	0,06
Total	100,00
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	12,20
Energia Digestível(Kcal / Kg)	3.602
Fibra Bruta (%)	1,62
Cálcio (%)	0,88
Fósforo Total (%)	0,17

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Os alimentos avaliados substituíram a ração referência em quantidades variadas, fornecendo cada uma delas 0,15% de fósforo total. A percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e o conteúdo de fósforo total (calculado e analisado) das dietas experimentais encontra-se na Tabela 2. A cada dieta foram adicionados 0,5% de óxido crômico (Cr₂O₃), como indicador fecal, em substituição ao inerte.

Tabela 2 – Percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e conteúdo de fósforo total (Pt) das dietas experimentais (matéria natural)

	Conteúdo Fósforo ¹	Pt Fornecido	Subst. do alimento ²	Pt dieta experim. ³	Pt dieta experim. ⁴
Milho	0,24	0,15	62,50	0,214	0,235
Sorgo	0,27	0,15	55,56	0,226	0,187
F. de glúten milho 22	0,71	0,15	21,13	0,284	0,287
F. de glúten milho 60	0,47	0,15	31,91	0,266	0,274
F. de algodão 30	1,05	0,15	14,29	0,296	0,281
F. de algodão 40	1,02	0,15	14,71	0,295	0,299
F. de trigo	0,94	0,15	15,96	0,293	0,347
F. de soja	0,59	0,15	25,42	0,277	0,261
Conc. protéico de soja	0,66	0,15	22,73	0,281	0,342
Soja integral extrusada	0,49	0,15	30,61	0,268	0,277
Levedura desidratada	0,91	0,15	16,48	0,292	0,265

1-Tabelas Brasileiras, 2000.

2 - Substituição do alimento na matéria natural.

3 - Valores calculados.

4 - Valores analisados.

Para determinar as perdas de fósforo endógeno, excretado nas fezes, nas respectivas fases (crescimento e terminação), utilizou-se seis suínos, sendo três animais com peso médio de 25 kg e três com peso médio de 60 kg, alimentados com uma ração com baixo conteúdo de fósforo (0,03%) - Tabela 3.

A quantidade de ração fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico (kg^{0,75}). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, as 8:00 e 17:00 hs e água foi fornecida à vontade.

Tabela 3 – Composição centesimal da ração de baixo fósforo

Ingrediente	Quantidade (%)
Farinha de milho	29,90
Açúcar	25,00
Amido	25,00
Plasma sangüíneo	7,51
Sabugo de milho moído	4,00
Óleo de soja	4,00
Calcário	2,50
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,07
Sal	0,09
BHT	0,01
L-Lisina	0,50
DL-Metionina	0,48
L-Treonina	0,24
L-Triptofano	0,07
Óxido crômico	0,50
Total	100,00
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	8,79
Energia Digestível (Kcal/kg)	3.660
Fibra Bruta (%)	1,78
Cálcio (%)	0,98
Fósforo total (%)	0,03

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Informações referentes aos valores analisados da composição parcial dos alimentos de origem vegetal, da ração referência e da ração com baixo conteúdo de fósforo encontram-se na Tabela 4.

As fezes excretadas em um período de 24 horas foram pesadas e homogeneizadas diariamente, e coletadas alíquotas de 20%, acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta (cinco dias). Após o período de coleta, as amostras, compostas por animal, foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55 °C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas e armazenadas em recipientes de vidro.

Tabela 4 – Composição centesimal dos alimentos, valores analisados (matéria natural)¹

	MS (%)	PB (%)	Ca (%)	P Total (%)
Ração referência	89,12	12,54	0,88	0,206
Milho	87,11	8,26	0,03	0,292
Sorgo	87,44	9,23	0,03	0,191
Farelo de glúten milho 22	87,93	21,10	0,12	0,689
Farelo de glúten milho 60	91,31	58,15	0,03	0,468
Farelo de algodão 30	89,09	29,80	0,23	0,887
Farelo de algodão 40	89,57	39,81	0,46	0,976
Farelo de trigo	88,00	15,62	0,14	1,283
Farelo de soja	88,59	45,33	0,24	0,497
Concentrado protéico de soja	89,88	62,92	0,27	0,886
Soja integral extrusada	90,47	37,00	0,23	0,493
Levedura desidratada	90,85	36,75	0,29	0,679
Ração de baixo fósforo	90,16	7,96	0,98	0,020

1-Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Análises dos teores de matéria seca, fósforo total e óxido crômico foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva (1998).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g), consumo de fósforo total, consumo de fósforo da ração referência e dos alimentos (g), fósforo fornecido pelo alimento e pela ração referência (%), fósforo na ração e nas fezes (%), excreção de fósforo (g), fator de indigestibilidade (Cr_2O_3), fator de indigestibilidade endógena e fósforo excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo teor de fósforo (fósforo endógeno, g), sendo os dados obtidos utilizados nas fórmulas descritas por Jongbloed & Kemme (1990) e Rostagno & Featherston (1977) para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo.

1. Metodologia da coleta total:

1.1. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) – (Jongbloed & Kemme, 1990).

$$CDAP (\%) = \frac{P \text{ ingerido (g)} - P \text{ excretado fezes (g)} \times 100}{P \text{ ingerido (g)}}$$

1.2. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP).

$$\text{CDVP (\%)} = \frac{[\text{P ingerido (g)} - (\text{P excr. Fezes (g)} - \text{P endógeno})]}{\text{P ingerido (g)}} \times 100$$

2. Metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI).

$$\text{FI} = \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes}}$$

2.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

$$\text{CDAP (\%)} = \frac{\% \text{ P dieta} - (\% \text{ P fezes} \times \text{FI})}{\% \text{ P dieta}} \times 100$$

2.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

$$\text{CDVP (\%)} = \frac{\% \text{ P dieta} - (\% \text{ P fezes} \times \text{FI} - \% \text{ Pe} \times \text{Fie})}{\% \text{ P dieta}} \times 100$$

Onde:

Fie = Fator de indigestibilidade da dieta baixo fósforo.

Pe = fósforo endógeno excretado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida de teste de médias utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Resultados e Discussão

Digestibilidade Aparente

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo dos alimentos avaliados, obtidos nas diferentes fases e utilizando diferentes metodologias, encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo dos alimentos, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e em terminação

Método	Crescimento			Terminação			Média geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	
Milho	39,77	33,01	36,39 ± 4,64 a	58,85	48,38	53,62 ± 3,62 a	45,01
Sorgo	27,90	18,54	23,22 ± 2,56 b	48,97	29,79	39,38 ± 5,56 a	31,30
F. glúten milho 22	25,62	25,18	25,40 ± 1,49 b	40,17	36,37	38,27 ± 4,82 a	31,84
F. glúten milho 60	37,67	35,49	36,58 ± 2,45 a	44,68	35,26	39,97 ± 5,60 a	38,28
F. de algodão 30	22,29	35,02	28,65 ± 3,25 a	36,02	36,35	36,18 ± 3,92 a	32,42
F. de algodão 40	45,18	37,62	41,10 ± 4,23 a	38,04	29,74	33,89 ± 2,14 a	37,50
Farelo de trigo	49,65	46,28	47,96 ± 4,04 a	50,59	56,52	53,56 ± 1,71 a	50,76
Farelo de soja	44,71	35,33	40,02 ± 2,85 a	48,46	26,49	37,47 ± 6,94 a	38,75
Conc. Prot. Soja	37,82	23,34	30,58 ± 5,67 a	40,86	32,42	36,64 ± 2,33 a	33,61
Soja int.extr.	35,12	31,64	33,08 ± 0,99 b	53,89	46,64	50,26 ± 5,69 a	41,67
Levedura	61,22	46,67	53,94 ± 4,05 a	55,42	64,07	59,74 ± 3,99 a	56,84
Média Método ± EP ²	38,81 ± 2,32 A	33,47 ± 1,86 A		46,90 ± 2,11 A	40,18 ± 2,39 A		
Média Fase ± EP			36,14 ± 1,51 B			43,54 ± 1,64 A	

Coeficiente de variação = 23,69 %. Médias com letras diferentes, minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P<0.05). 1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase..

Não houve interação significativa entre as metodologias empregadas e os alimentos avaliados ($P > 0,05$). Entre os alimentos avaliados, maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo foram obtidos na metodologia da coleta total, nas duas fases estudadas, com exceção do farelo de algodão 30, nas fases de crescimento e terminação e, do farelo de trigo e levedura na fase de terminação, que apresentaram resultados numéricos superiores para metodologia do indicador fecal (óxido crômico).

Comparando as metodologias de coleta total e indicador fecal em estudos de digestibilidade, Halloran (1972) cita maior variação nos valores encontrados pela metodologia do indicador fecal, recomendando para ensaios de digestibilidade o uso da coleta total de fezes.

As médias dos valores de coeficientes de digestibilidade aparente, obtidos na fase de terminação, foram superiores aos obtidos na fase de crescimento ($P < 0,05$), com exceção do farelo de algodão 40 e do farelo de soja, que apresentaram menor coeficiente de digestibilidade do fósforo na fase de terminação ($P > 0,05$). Estes resultados estão de acordo com dados de Kemme et al. (1997), que encontraram maiores valores de coeficiente de digestibilidade do fósforo com o aumento da idade e do peso vivo dos animais, indicando um melhor aproveitamento deste nutriente em animais adultos.

As possíveis diferenças quanto ao aproveitamento do fósforo em função do aumento da idade do animal podem estar relacionadas ao tempo de retenção da digesta e aos valores de pH no trato digestivo, que são mais favoráveis à atividade fitásica (intrínseca do alimento) e ação do ácido clorídrico em animais adultos quando comparados a animais jovens (McElroy et al., 1991).

Os alimentos que apresentaram maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo na fase de terminação em relação à fase de crescimento ($P < 0,05$) foram sorgo, farelo de glúten de milho 22 e soja integral extrusada, sendo que para os demais alimentos não houve diferença ($P > 0,05$).

O valor de coeficiente de digestibilidade aparente obtido para o milho (41,01%) foi superior aos apresentados por Jongbloed e Kemme (1997) e Sauvant et al. (2003), que encontraram coeficientes de digestibilidade de

19,00% e 28,00%, utilizando a metodologia da coleta total para animais nas fases de crescimento e terminação e também por Skiba et al. (2004), que determinaram valores de coeficientes de digestibilidade aparente de 27,40%, utilizando a mesma metodologia, mas para animais em crescimento.

O sorgo apresentou valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo superior ao referendado pelo NRC (1998) e CVB (1998), que foram 18,00 e 17,00%, fósforo disponível e fósforo digestível respectivamente e, semelhantes ao apresentado por Sauvant et al. (2003), que obtiveram valores de 30,00% de coeficientes de digestibilidade.

O farelo de glúten de milho 22 apresentou valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (31,84%) superior ao apresentado por Sauvant et al. (2003), que foi de 22,00% para animais em crescimento e terminação.

O valor médio do coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo do farelo de glúten de milho 60 obtido neste trabalho (38,28%) foi superior aos apresentados por Sauvant et al. (2003) e Jongbloed et al. (1997), que foram 19,00 e 20,00%, respectivamente.

Os alimentos farelo de soja, concentrado protéico de soja e os farelos de algodão apresentaram menores variações nos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo quando comparadas entre as diferentes fases. Já a soja integral extrusada apresentou diferença entre as fases, sendo obtido maior coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo na fase de terminação ($P < 0,05$). Segundo Rebollar (1999), os valores dos coeficientes de fósforo digestível em grãos de leguminosas e outras fontes protéicas são maiores do que em grãos de cereais devido, em parte, a menor proporção de fósforo fítico presente.

O valor médio do coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo encontrado no farelo de soja (38,75%) foi similar ao apresentado por Jongbloed et al. (1997), que encontraram 38,00% e, superior aos valores encontrados por Gomes et al. (1989) e Werenko et al. (1997), que foram 31,50 e 34,00%, respectivamente. Existe grande variação nos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo descritos na literatura, variando de 24,00 a 41,00% de digestibilidade, segundo Jongbloed et al. (1997), e vários fatores podem contribuir para esta variação, como fatores inerentes às

amostras, a atividade fitásica intrínseca das diferentes amostras de farelo de soja utilizadas nas pesquisas e o próprio conteúdo de fósforo da dieta (Fan et al. 2001).

O concentrado protéico de soja apresentou valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo de 33,61%. Não foram encontrados valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo para este alimento, na literatura disponível.

A soja integral extrusada apresentou neste trabalho valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente (41,67%), superior ao apresentado por Sauvant et al. (2003), que citam valor de 32,00% com suínos em crescimento e terminação.

Dos alimentos analisados, o farelo de trigo apresentou um dos maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo em ambas as fases analisadas, tendo como valor médio 50,76% de digestibilidade. Estes dados são semelhantes aos apresentados por Gomes et al. (1889), 45,39% e, superiores aos obtidos por Jongbloed & Kemme (1997) e CVB (1998), que foram de 38,00 e 20,00%, respectivamente. Alguns pesquisadores citam a presença de atividade fitásica intrínseca no grão de trigo, o que tornaria o fósforo presente no complexo fitato de seus subprodutos mais disponível e melhor aproveitado pelos animais (Rebollar et al, 1999 e Skiba et al, 2004).

A levedura desidratada foi o alimento que apresentou maior valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente para o fósforo (56,84%) entre os alimentos avaliados. Não foram encontrados valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo para este alimento, na literatura disponível.

Digestibilidade Verdadeira

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo dos alimentos avaliados, obtidos nas diferentes fases e utilizando diferentes metodologias, encontram-se na tabela 6.

Não houve interação significativa entre as metodologias empregadas e os alimentos avaliados ($P>0,05$). Os maiores coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo foram obtidos na metodologia de coleta total, em ambas as fases, com exceção do farelo de algodão 30, nas fases de crescimento e terminação e, do farelo de trigo e levedura na fase de terminação, que foram numericamente superiores para metodologia do indicador fecal (óxido crômico).

Houve efeito ($P<0,05$) da idade dos animais sobre a média dos valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeira, tendo os animais da fase de terminação apresentado os maiores valores de digestibilidade do fósforo.

Os alimentos milho, sorgo, farelo de glúten de milho 22 e soja integral extrusada apresentaram maiores valores de coeficientes de digestibilidade verdadeiro do fósforo ($P<0,05$) na fase de terminação, em relação à fase de crescimento, e o farelo de algodão 30 apresentou nesta mesma fase o menor valor ($P>0,05$).

O fósforo presente nas fezes consiste de fósforo de origem dietética e perdas endógenas. Os alimentos com menor conteúdo de fósforo total, como milho, sorgo, farelo de glúten de milho 22, farelo de glúten de milho 60 e soja integral extrusada apresentaram as maiores diferenças entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira, pois o fósforo de origem endógena participa, em grande proporção, do conteúdo de fósforo total que é excretado nas fezes, o que resulta conseqüentemente, em maiores diferenças entre coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira.

Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo de alimentos, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e em terminação

Método	Crescimento			Terminação			Média geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	
Milho	57,31	52,25	54,78 ± 4,53 b	80,89	82,83	81,86 ± 2,79 a	68,32
Sorgo	54,82	48,08	51,45 ± 2,11 b	82,80	82,16	82,48 ± 3,54 a	66,97
F.glúten milho 22	33,11	33,39	33,25 ± 1,49 b	49,58	49,17	49,37 ± 4,74 a	41,31
F.glúten milho 60	49,13	48,08	48,61 ± 4,20 a	59,10	56,47	57,78 ± 5,22 a	53,20
F.algodão 30	28,18	41,49	34,83 ± 3,37 a	43,42	49,36	46,39 ± 4,22 a	40,61
F. algodão 40	50,56	42,20	46,38 ± 3,99 a	44,81	38,20	41,51 ± 1,82 a	43,95
Farelo de trigo	53,67	50,70	52,19 ± 4,03 a	55,65	62,91	59,28 ± 1,95 a	55,74
Farelo de soja	55,18	46,82	51,00 ± 2,68 a	61,61	45,16	53,38 ± 6,13 a	52,19
Conc. Prot. Soja	43,77	29,87	36,82 ± 5,60 a	48,35	42,83	45,59 ± 1,84 a	41,21
Soja int. extrus.	45,90	43,47	44,68 ± 0,82 b	67,43	66,43	66,93 ± 5,47 a	55,81
Levedura	69,07	55,30	62,19 ± 3,92 a	65,30	76,54	70,92 ± 4,31 a	66,56
Média método ± EP ²	49,15 ± 2,31 A	44,70 ± 1,71 A		59,90 ± 2,83 A	59,28 ± 2,98 A		
Média fase ± EP			46,92 ± 1,46 B			59,59 ± 2,04 A	

Coeficiente de variação = 17,66 %. Médias com letras diferentes, minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P<0.05). 1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase.

Segundo Shen et al. (2002), devem ser consideradas as perdas endógenas de fósforo que ocorrem por meio do muco, de células de descamação e de enzimas para determinação de coeficientes de digestibilidade, pois estes representam uma via importante de excreção deste mineral e, se tornam ainda mais expressivas em ingredientes que são particularmente pobres em fósforo. Sugere ainda, que os valores existentes de fósforo digestível aparente para o milho subestimam a verdadeira utilização do fósforo em aproximadamente 35,00%.

O coeficiente médio de digestibilidade verdadeira do fósforo do milho determinado neste trabalho foi de 68,32%, valor superior ao obtido por Shen et al. (2002), que encontraram 60,00% de digestibilidade para animais na mesma fase, utilizando a metodologia da relação dos coeficientes de regressão (*slope ratio*) para suínos em crescimento.

A média dos valores de coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo para o sorgo determinados neste trabalho foi de 66,97%. Este valor foi superior ao descrito pelo NRC (1998) que apresenta valor de 18,00% de fósforo disponível.

Os farelos de glúten de milho 22 e glúten de milho 60% de PB apresentaram coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo de 41,31 e 53,20%, respectivamente, valores estes superiores aos coeficientes de digestibilidade aparente, que não consideram as perdas endógenas de fósforo e, portanto, subestimam o real aproveitamento deste mineral pelos animais. O valor médio de coeficiente de digestibilidade verdadeira para o farelo de glúten de milho 60 aqui obtido (53,20%) foi coerente com o valor de fósforo apresentado pelo NRC (1998), que foi de 53,10%.

Os alimentos farelo de soja, concentrado protéico de soja, soja integral extrusada e os farelos de algodão apresentaram variação nos valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo, quando consideradas as perdas endógenas, com aumento nos valores próximos à 30%, sendo a maior diferença para o farelo soja e para a soja integral extrusada. Esta diferença pode ser atribuída ao menor conteúdo de fósforo apresentado no farelo de soja e na soja integral extrusada.

O valor médio de coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo obtido neste trabalho, para o farelo de soja foi de 52,19%, superior ao

apresentado por Gomes et al. (1989), que utilizando a metodologia de coleta total e a do indicador fecal encontraram 46,44% e, semelhante ao obtido por Ajakaiye et al. (2003), que encontraram coeficiente de digestibilidade verdadeira do fósforo de 51,00% utilizando a metodologia da coleta da digesta ileal. Ajakaiye et al. (2003) cita que no intestino grosso não ocorre absorção deste mineral, podendo ser utilizada a técnica da coleta de digesta ileal para determinação da digestibilidade do fósforo dos alimentos.

Dos alimentos analisados, o farelo de trigo apresentou a menor variação entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira. O valor médio de coeficiente de digestibilidade verdadeira encontrado foi 55,74%, semelhante ao apresentado por Gomes et al. (1999), que obtiveram valor de coeficiente de digestibilidade verdadeira igual a 52,59% para o farelo de trigo em animais em crescimento e terminação.

A levedura desidratada apresentou pequena variação entre os valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira. O valor médio de coeficiente de digestibilidade verdadeira obtido neste trabalho foi de 66,56%.

Os teores de fósforo total e de fósforo digestível verdadeiro dos alimentos, obtidos através dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira, para suínos nas fases de crescimento e terminação encontram-se na tabela 7.

Tabela 7 - Conteúdo de fósforo total (P total) e fósforo digestível verdadeiro (Pd) dos alimentos de origem vegetal nas fases de crescimento e de terminação

	P Total (%)	Pd cresc. (%)	Pd term. (%)
Milho	0,31	0,17	0,25
Sorgo	0,23	0,12	0,19
Farelo de glúten milho 22	0,69	0,23	0,34
Farelo de glúten milho 60	0,47	0,23	0,27
Farelo de algodão 30	0,83	0,29	0,39
Farelo de algodão 40	1,02	0,47	0,42
Farelo de trigo	1,25	0,65	0,74
Farelo de soja	0,59	0,30	0,31
Conc. protéico de soja	0,88	0,32	0,40
Soja integral extrusada	0,49	0,22	0,33
Levedura	0,66	0,41	0,47

Valores expressos na matéria natural.

Conclusões

Não há diferença na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo entre as metodologias de coleta total e no uso do óxido crômico. Maiores valores de coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo dos alimentos foram obtidos nos animais da fase de terminação. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo determinados com suínos em crescimento e em terminação foram, respectivamente, 54,78 e 81,86% para o milho; 51,45 e 82,48% para o sorgo; 33,25 e 49,37% para o farelo de glúten de milho 22% de PB; 48,61 e 57,78% farelo de glúten de milho 60% de PB; 34,83 e 46,39% para o farelo de algodão com 30% de PB; 46,38 e 41,51% para o farelo de algodão com 40% de PB; 52,19 e 59,28% para o farelo de trigo; 51,00 e 53,38% para o farelo de soja; 36,68 e 45,59% para o concentrado protéico de soja; 44,68 e 66,93% a soja integral extrusada e, 62,19 e 70,92% para a levedura desidratada de cana de açúcar. Para os alimentos de origem vegetal recomenda-se utilizar os coeficientes de digestibilidade verdadeira diferentes para as fases de crescimento e de terminação.

Referências Bibliográficas

- AJAKAIYE, A.; FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; HACKER, R.R.; FORSBERG, C. W.; PHILLIPS, J.P. 2003. Determination of true digestive utilization of phosphorus and the endogenous phosphorus outputs associated with soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science** 81:2766–2775.
- CROMWELL, G. L., T. S. STAHLY, R. D. COFFEY, H. J. MONEGUE, AND J.H. RANDOLPH. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science** 71:1831–1840.
- CVB (1998) Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). **Centraal Veevoeder Bureau**, Lelystad, Países Bajos.
- FAN, M. Z., T. ARCHBOLD, W. C. SAUER, D. LACKEYRAM, T. RIDEOUT, Y. GAO, C. F. M. DE LANGE, AND R. R. HACKER. 2001. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition** 131:2388–2396.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A.; PEREIRA, J.A.A.; Lima, J.A.F. 1989. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de cinco alimentos, determinada em suínos de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 18 n. 1: 77 – 90.
- HALLORAN H.R. 1972. A major problem in metabolizable energy Determinations of Feedstuffs for poultry. **Feedstuffs** 14, p. 38-39.
- JONGBLOED, A.W., and KEMME, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. **Neth. Journal Agriculture Science** 38:567–75.
- JONGBLOED, A.W. y KEMME, P.A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. 1997 En: **XIII Curso de Especialización FEDNA**. Eds. P. García, C. de Blas y G.G. Mateos, Madrid. p: 191-201.
- KEMME, P.A.; RADCLIFFE, J.S.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z. 1997 Factors Affecting Phosphorus and Calcium Digestibility in Diets for Growing-Finishing Pigs **Journal of Animal Science** 1997. 75:2139–2146.
- McELROY ST, LINK JE, DOWDY RP, ZINN KR, ELLERSIECK MR. 1991. Influence of age and magnesium on calcium metabolism in rats. **Journal Nutrition**, 121:492-497.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10. ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998. 189p.

- O'QUINN, P.R.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J. 1997 Digestible Phosphorus Needs of Terminal-Cross Growing-Finishing Pigs **Journal of Animal Science** 75:1308–1318.
- RAVINDRAN, V. CABHUG, S., RAVINDRAN, G. y BRYDEN, W.L. 1999 Influence of Microbial Phytase on Apparent Ileal Amino Acid Digestibility of Feedstuffs for Broilers **Poultry Science** 78: 699-706.
- REBOLLAR, P.G. Y MATEOS, G.G. 1999. El fósforo em nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de disponibilidad. **XV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. p. 19-64.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000.141p.
- SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Universidade Federal de Viçosa – UFV: 2001.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine : Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. 2003.**Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. INRA – Paris. (versão espanhola).
- SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A.; ARCHBOLD, T. 2002. Use of the Regression Analysis Technique to Determine the True Phosphorus Digestibility and the Endogenous Phosphorus Output Associated with Corn in Growing Pigs. **Journal of nutrition** 132: 1199–1206.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1990. 165p
- SKIBA, F.; CALLU, P.; CASTAING, J.; PABŒUF, F.; CHAUVE, J.; JONDREVILLE, C. 2004 Variabilité intra-matière première de la digestibilité du phosphore des céréales et du pois chez le porc en croissance. **Journées Recherche Porcine**, 36, 9-16.
- PEKAS , J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal. of Animal. Science**, v. 2, n.5, p. 1303-6, 1968.
- WEREMKO, D., FANDREJEWSKI, H., ZEBROWSKA, T., HAN, I. K., KIM, J. H. & CHO, W. T. 1997 Bioavailability of phosphorus in feeds of plant origin for pigs. **Asian Journal Animal Science** 10: 551-566.

Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos em crescimento e em terminação

RESUMO - Foram utilizados 48 suínos mestiços, machos castrados, distribuídos em gaiolas de metabolismo, num delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 7 (metodologias x fases x tratamentos) com três repetições, para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de seis alimentos de origem animal e uma ração referência. Duas metodologias foram avaliadas, sendo a metodologia de coleta total de fezes e a do indicador fecal (Cr_2O_3), em duas fases de produção, utilizando-se 21 animais com peso médio de 25 kg para a fase de crescimento e 21 animais com peso médio de 60 kg para a fase de terminação. Para estimar as perdas endógenas de fósforo foi utilizada uma dieta com baixo conteúdo de fósforo em três animais de 25 kg e três de 60 kg (crescimento e terminação). Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira obtidos com animais em crescimento e terminação para os alimentos foram: 61,67 e 62,04% para a farinha de carne e ossos com 35% de PB; 62,28 e 62,92% para a farinha de carne e ossos com 41% de PB; 48,97 e 52,47% para a farinha de vísceras e penas; 72,34 e 90,77% para a farinha de penas; 85,54 e 88,46% para a farinha de peixe com 55% de PB e; 79,98 e 92,02% para o soro de leite em pó. Não há diferenças entre as metodologias de coleta total e a do indicador fecal (Cr_2O_3) e entre as fases avaliadas (crescimento e terminação) e, portanto, podem ser utilizadas as informações dos valores médios de coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo na formulação de rações.

Palavras-chave: coleta total de fezes, fósforo digestível, suínos, óxido crômico

Apparent and True Digestibility Coefficients of Phosphorus of Feedstuffs of Animal Origin for Swines in Growing and Finishing Phases

ABSTRACT – In order to determine phosphorous digestible coefficients of six animal origin feedstuff, crossbred barrows were used, placed in metabolism cages, in a randomized experimental design, with a factorial arrangement 2 x 2 x 7 (methodologies x phases x treatments) with three replicates. An evaluation of different methodologies, total collect and fecal marker (Cr_2O_3), in two production phases, used 21 animals with 25 kg of body weight for growing phase and 21 animals with 60 kg of body weight for finishing phase. To estimate phosphorous endogenous losses, six animals were used in a treatment composted with a low phosphorus content diet, in different phases, to determine the true phosphorus digestible coefficients of feedstuffs. The apparent and true phosphorus digestibilities coefficients obtained were: 61,67 e 62,04% for the 35% CP meat and bone meal; 62,28 e 62,92% for the 41% CP meat and bone meal; 48,97 and 52,47% for the feather and poultry by-products meal; 72,34 and 90,77% for the feather meal; 85,54 and 88,46% for the fish meal and; 79,98 and 92,02% for the powder milk whey. There wasn't verified difference between the total collection and fecal marker among evaluated phases, therefore, true digestible coefficient mean values can be used in swine diets formulation.

Key words: chromium oxide, digestible phosphorus, swine, total feces collection

Introdução

A atividade suinícola tem adquirido cada vez mais importância econômica no cenário nacional, porém o aumento da produção leva a uma maior competitividade entre os produtores e diferentes mercados. A inclusão de alimentos alternativos nas dietas para estes animais tem sido uma constante, não somente visando a diminuição de custos, mas também o aproveitamento de matérias primas consideradas como resíduos.

Neste contexto os produtos de origem animal, como farinha de carne e ossos, farinhas de penas e outros resíduos de abatedouros adquirem caráter relevante, devido a grande quantidade em que são produzidos. Sua utilização como fonte protéica e de minerais pode ser de grande valia se respeitado as normas de fabricação e utilização na alimentação de animais monogástricos, especialmente para suínos.

O fósforo é um mineral envolvido em funções metabólicas essenciais ao organismo, representados por vários compostos fosforados orgânicos e minerais, desigualmente repartidos nos tecidos e desempenhando diferentes funções. Entre 80 e 85% de todo o fósforo está localizado no tecido ósseo sob a forma de sais, e o restante, distribuídos na forma orgânica como constituintes de fosfolipídeos, fosfoproteínas, sistemas enzimáticos envolvidos no metabolismo de carboidratos e gordura e ainda na regulação do equilíbrio ácido-básico (Nunes, 1998), encontrando-se num estado de intercâmbio entre os ossos e sangue (Maynard et al., 1984).

As dietas para suínos são compostas em sua maioria por alimentos de origem vegetal, cujo fósforo se apresenta na maior parte como fósforo orgânico, indisponível para os monogástricos, devido a sua forma complexada como fitato. Faz-se então necessária a suplementação de fósforo com fontes inorgânicas, o que eleva os custos. Os alimentos de origem animal, por sua vez, possuem maiores quantidades de fósforo total em sua composição e, a maior parte sob a forma inorgânica, o que explica a maior utilização do fósforo destas fontes pelos animais, podendo ser uma alternativa viável como fonte de fósforo na formulação de rações.

A utilização de produtos de origem animal nas dietas para suínos, formuladas com base no conteúdo de fósforo digestível em lugar do fósforo

total, assim como ocorre na formulação com base em aminoácidos digestíveis, maximiza a utilização do fósforo na ração, reduzindo as necessidades de suplementação com outras fontes minerais e excessos de fósforo não absorvido que acabam por ser excretados nas fezes, contribuindo fortemente para a poluição do solo e dos mananciais de água.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alguns alimentos de origem animal, comumente utilizados nas formulações de rações para suínos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 2003 a março de 2004.

Foram utilizados 48 suínos, machos castrados, provenientes de uma granja comercial com bom status sanitário, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 7 (metodologias x fases x tratamentos), com três repetições, sendo os tratamentos compostos por seis alimentos de origem animal e uma ração referência.

As metodologias avaliadas foram as da coleta total de fezes e a do indicador fecal – óxido crômico (Cr_2O_3), utilizadas simultaneamente.

Foram utilizados 21 animais com peso médio de 25 kg, representando a fase de crescimento e 21 animais com peso médio de 60 kg para a fase de terminação.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, ripado nas laterais e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um período de 12 dias, sendo sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais, e cinco dias de coleta de fezes e urina.

Uma ração referência foi utilizada nas fases de crescimento e terminação, suplementadas com aminoácidos sintéticos e contendo 0,17% de fósforo total, de modo a atender as exigências dos animais segundo Rostagno et al. (2000), exceto para fósforo (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição centesimal da ração referência

Ingrediente	Quantidade %
Milho	40,59
Farinha de milho	20,00
Açúcar	10,00
Amido	10,00
Farelo de soja (45%)	8,00
Óleo	2,80
Plasma sangüíneo	2,73
Calcário	2,16
Concentrado protéico de soja	1,50
Sal	0,21
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,06
BHT	0,01
Inerte	1,00
L-Lisina HCl	0,44
DL-Metionina	0,16
L-Treonina	0,15
L-Triptofano	0,06
Total	100
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	12,20
Energia Digestível(Kcal / Kg)	3.602
Fibra Bruta (%)	1,62
Cálcio (%)	0,88
Fósforo Total (%)	0,17

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Os alimentos avaliados substituíram a ração referência, em quantidades variadas, de modo a fornecer 0,15% de P total, com exceção das farinhas de carne e ossos, que forneceram 0,20% de fósforo total, devido ao maior conteúdo deste mineral nestes alimentos. A percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e o conteúdo de fósforo total (calculado e analisado) das dietas experimentais encontra-se na Tabela 2.

A cada dieta foi adicionado 0,5% de óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador fecal, em substituição ao inerte.

Tabela 2 – Percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e conteúdo de fósforo total (Pt) das dietas experimentais (matéria natural)

	Conteúdo Fósforo ¹	Pt Fornecido	Subst. do alimento ²	Pt dieta experim. ³	Pt dieta experim. ⁴
F. carne e ossos 35	7,50	0,20	2,67	0,365	0,352
F. carne e ossos 41	6,20	0,20	3,23	0,365	0,379
F. penas e vísceras aves	1,02	0,15	14,71	0,295	0,430
F. de penas	0,67	0,15	22,39	0,282	0,214
F. de peixe	3,79	0,15	3,96	0,313	0,241
Soro de leite em pó	0,71	0,15	21,13	0,284	0,266

1- Tabelas Brasileiras, 2000.

2 - Substituição do alimento na matéria natural.

3 - Valores calculados.

4 - Valores analisados.

Para determinar as perdas de fósforo endógeno, excretado nas fezes, nas respectivas fases (crescimento e terminação), utilizou-se seis suínos, sendo três animais com peso médio de 25 kg e três com peso médio de 60 kg, alimentados com uma ração com baixo conteúdo de fósforo (0,03%) – Tabela 3

A quantidade de ração a ser fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico dos animais (kg^{0,75}). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, as 8:00 e 17:00 hs e água era fornecida à vontade.

Tabela 3 – Composição centesimal da ração de baixo fósforo %

Ingrediente	Quantidade (%)
Farinha de milho	29,90
Açúcar	25,00
Amido	25,00
Plasma sangüíneo	7,51
Sabugo de milho moído	4,00
Óleo de soja	4,00
Calcário	2,50
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,07
Sal	0,09
BHT	0,01
L-Lisina	0,50
DL-Metionina	0,48
L-Treonina	0,24
L-Triptofano	0,07
Óxido crômico	0,50
Total	100,00
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	8,79
Energia Digestível (Kcal / kg)	3.660
Fibra Bruta (%)	1,78
Cálcio (%)	0,98
Fósforo total (%)	0,03

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Informações referentes à composição parcial dos alimentos de origem animal, da ração referência e da ração com baixo conteúdo de fósforo encontram-se na Tabela 4.

As fezes excretadas em um período de 24 horas foram pesadas e homogeneizadas diariamente, coletadas alíquotas de 20%, acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta (cinco dias). Após o período de coleta, as amostras, compostas por animal, foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas e armazenadas em recipientes de vidro.

Tabela 4 – Composição centesimal dos alimentos (matéria natural, %)¹

	MS	PB	Ca	P Total
Ração referência	89,12	12,54	0,88	0,21
F. de carne e ossos 35	90,70	35,40	15,12	7,26
F. de carne e ossos 41	91,36	40,75	10,08	7,06
F. vísceras e penas de aves	90,44	65,50	2,56	2,07
F. de penas	87,70	78,67	0,36	0,36
F. de peixe 55	90,78	54,40	5,90	1,77
Soro de leite	94,77	12,05	0,75	0,62
Ração de baixo fósforo	90,16	7,96	0,98	0,02

1-Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV

Análises dos teores de matéria seca, fósforo total e óxido crômico foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva (1998).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g), consumo de fósforo total, consumo de fósforo da ração basal e dos alimentos (g), fósforo fornecido pelo alimento e pela ração basal (%), fósforo na ração e nas fezes (%), excreção de fósforo (g), fator de indigestibilidade (Cr_2O_3), fator de indigestibilidade endógena e fósforo excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo teor de fósforo (fósforo endógeno, g).

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo dos alimentos utilizando a metodologia da coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3) foram determinados por meio das equações descritas abaixo:

1. Metodologia da coleta total:

1.1. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) – (Jongbloed & Kemme, 1990):

$$\text{CDAP (\%)} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado fezes (g)} \times 100}{\text{P ingerido (g)}}$$

1.2. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP):

$$\text{CDVP (\%)} = \frac{[\text{P ingerido (g)} - (\text{P excr. Fezes (g)} - \text{P endógeno})] \times 100}{\text{P ingerido (g)}}$$

2. Metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI):

$$FI = \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes}}$$

2.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) - (Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977):

$$CDAP (\%) = \frac{\% P \text{ dieta} - (\% P \text{ fezes} \times FI) \times 100}{\% P \text{ dieta}}$$

2.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP) - (Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977):

$$CDVP (\%) = \frac{\%P \text{ dieta} - (\%P \text{ fezes} \times FI - \%Pe \times Fie) \times 100}{\% P \text{ dieta}}$$

Onde:

Fie = Fator de indigestibilidade da dieta baixo fósforo.

Pe = fósforo endógeno excretado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida de teste de médias utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Resultados e Discussão

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo dos alimentos avaliados, obtidos nas diferentes fases, encontram-se nas tabelas 5 e 6.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre as metodologias utilizadas para determinação dos valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo dos alimentos para as fases de crescimento e terminação, indicando que ambos os métodos podem ser utilizados para essa avaliação.

Não foi verificado efeito da idade dos animais (crescimento e terminação) sobre os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira determinados.

O conteúdo de fósforo das fezes é proveniente de origem dietética e de perdas endógenas. Para determinação da digestibilidade verdadeira do fósforo, a fração de fósforo endógeno tem menor influência em alimentos com maior conteúdo de fósforo total, como as farinhas de origem animal. Dessa forma, não houve diferenças ($P>0,05$) entre os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira determinados para os diferentes alimentos. Esta argumentação corrobora com diversos autores que utilizam apenas os valores de digestibilidade aparente para determinação da utilização biológica do fósforo pelos animais (Jongbloed et al., 1990; Dellaert et al., 1990), sobretudo nos alimentos com maior proporção de fósforo inorgânico.

Os valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira das duas farinhas de carne e ossos avaliadas apresentaram-se semelhantes, em torno de 62,00%. Não houve diferenças entre fases ou entre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira, mostrando serem produtos bastante similares quanto à digestibilidade do fósforo. Estes resultados foram inferiores aos apresentados por Jongbloed et al. (1997) e Sauvante et al. (2003), que foram de 81,00 e 75,00%, respectivamente, para duas diferentes farinhas de carne e ossos avaliadas com animais em crescimento e terminação.

Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo de alimentos, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e em terminação

Alimentos	Crescimento			Terminação			Média Geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	
F. de carne e ossos 35	63,84	65,23	64,53 ± 4,77	58,62	58,97	58,80 ± 4,28	61,67
F. de carne e ossos 41	63,98	57,02	60,50 ± 2,94	67,90	60,22	64,06 ± 2,53	62,28
F. vísceras e penas de aves	52,30	51,17	51,73 ± 1,85	43,67	48,75	46,21 ± 1,89	48,97
F. de penas	61,66	68,43	65,05 ± 5,50	86,82	72,44	79,63 ± 3,72	72,34
F. de peixe 55	78,98	85,22	82,10 ± 4,88	93,61	84,34	88,98 ± 5,45	85,54
Soro de leite	80,81	81,85	81,33 ± 3,04	69,46	87,80	78,63 ± 5,10	79,98
Média Método ± EP ²	66,93 ± 2,29 a	68,15 ± 6,48 a		70,02 ± 3,15 a	68,75 ± 2,79 a		
Média fase ± EP ²			67,54 ± 1,77 a			69,39 ± 2,13 a	

Coeficiente de variação = 14,30 %. Médias com letras iguais, minúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P<0.05). 1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase.

Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo dos alimentos, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e em terminação

Alimentos	Crescimento			Terminação			Média Geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	M ± EP ¹	
F. de carne e ossos 35	64,64	66,12	65,38 ± 4,77	59,64	58,70	59,17 ± 4,42	62,04
F. de carne e ossos 41	64,81	57,93	61,37 ± 2,92	68,95	59,97	64,46 ± 2,73	62,92
F. vísceras e penas de aves	55,13	54,28	54,71 ± 1,84	47,24	53,20	50,22 ± 2,01	52,47
F. de penas	78,08	87,79	82,93 ± 5,09	96,78	100,43	98,60 ± 1,47	90,77
F. de peixe 55	82,27	88,87	85,57 ± 4,91	97,77	84,92	91,35 ± 5,80	88,46
Soro de leite	90,25	92,23	91,24 ± 3,06	81,35	104,24	92,79 ± 5,95	92,02
Média Método ±EP ²	72,53 ± 2,58 a	74,54 ± 3,20 a		75,29 ± 3,59 a	76,91 ± 3,89 a		
Média fase ± EP			73,53 ± 2,03 a			76,10 ± 2,61 a	

Coeficiente de variação = 12,76 %. Médias com letras iguais, minúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P<0.05).

1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase.

A farinha de penas apresentou valores de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de 72,34% e 90,77%, respectivamente. O valor do coeficiente de digestibilidade aparente foi semelhante ao referendado em CVB (1998), que corresponde a 75,00%, valor médio determinado em animais de crescimento e terminação. Estes altos valores podem indicar que, apesar do conteúdo relativamente baixo de fósforo (0,32%), um processamento eficiente na fabricação deste alimento pode ter contribuído para aumentar a digestibilidade de seus nutrientes, incluindo a digestibilidade do fósforo.

Por sua vez, os menores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira encontrados entre os alimentos avaliados foram da farinha de vísceras e penas de aves, que foram de 48,97 e 52,47%, respectivamente. Estes resultados forma inferiores ao apresentado por Ammerman et al. (1995), que encontraram coeficientes de disponibilidade do fósforo de 100% em uma farinha composta por resíduos de abatedouros de aves. Vale salientar que não existem grandes diferenças entre valores de digestibilidade e disponibilidade em se tratando do fósforo (Jongbloed et al., 1997).

Em se tratando da farinha de vísceras e penas, apesar dos altos valores de digestibilidade do fósforo encontrados na farinha de penas, a mistura de maior quantidade de matéria orgânica ao produto final, sobretudo de sangue e seus resíduos, bem como sua influência direta nas reações de processamento do alimento, poderiam servir de justificativa para os menores valores de digestibilidade encontrados.

A farinha de peixe apresentou o maior valor de coeficiente de digestibilidade aparente entre os alimentos avaliados, que foi de 85,54%. Este resultado está consistente ao apresentado por Jongbloed et al. (1997) e superior ao referendado por Sauvant et al. (2003), que foram de 84,00 e 77,00%, respectivamente. O valor do coeficiente de digestibilidade verdadeira obtido foi de 88,46%, não diferindo do valor de coeficiente de digestibilidade aparente encontrado. A farinha de peixe apresentou alta digestibilidade para o fósforo, mantendo-se coerente a digestibilidade de outros nutrientes, que também se apresentam superiores á outros produtos de origem animal, como as farinhas de carne e ossos.

Entre os alimentos avaliados, o que apresentou os maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo foi o soro de leite em pó. Este resultado corrobora com Jongbloed et al. (1997), que cita os maiores valores de digestibilidade e disponibilidade do fósforo nos produtos lácteos. O valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo no soro de leite obtido (79,98%) foi inferior aos apresentados por Jongbloed et al. (1997) e Sauvant et al. (2003), onde ambos encontraram valores de coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo de 90,00% e, semelhante ao referendado em CVB (1998), que apresenta 82% como valor de coeficiente de digestibilidade do fósforo neste alimento. Os valores apresentados por Jongbloed et al. (1997) e Sauvant et al. (2003) se assemelham aos valores de coeficientes de digestibilidade verdadeira obtido neste trabalho (92,02%).

Com relação aos produtos de origem animal, deve-se ressaltar que existem variações entre os diferentes produtos e entre o mesmo produto de diferentes partidas, diferenças estas atribuídas à composição, ao processamento e a estrutura física na qual se apresentam (Jongbloed et al., 1997).

O conteúdo de fósforo total e digestível verdadeiro dos alimentos de origem animal, para suínos nas fases de crescimento e terminação, encontra-se na tabela 7.

Tabela 7 - Conteúdo de fósforo total (P total) e digestível (Pd) verdadeiro dos alimentos de origem animal nas fases de crescimento e terminação (%)

	P Total	Pd cresc.	Pd term.
Farinha de carne e ossos 35	6,58	4,30	3,89
Farinha de carne e ossos 41	6,45	3,96	4,16
F. de vísceras e penas de aves	1,87	1,02	0,94
Farinha de penas	0,32	0,27	0,31
Farinha de peixe 55	1,61	1,38	1,47
Soro de leite	0,59	0,54	0,55

Valores expressos na matéria natural.

Conclusões

Não há diferenças na determinação da digestibilidade do fósforo pela metodologia de coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3), ambas, portanto, podem ser utilizadas pra determinação destes valores.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com suínos em crescimento e terminação foram: 62,04% para a farinha de carne e ossos com 35% de PB; 62,92% para a farinha de carne e ossos com 41% de PB; 52,47% para a farinha de vísceras e penas; 90,77% para a farinha de penas; 88,46% para a farinha de peixe com 55% de PB e; 92,02% para o soro de leite em pó.

Não há diferenças no aproveitamento deste mineral entre as fases de crescimento e terminação, podendo ser utilizados valores médios de coeficientes de digestibilidade verdadeiro para as duas fases na formulação de rações com base no conteúdo de fósforo digestível.

Referências Bibliográficas

- AMMERMAN, C.B. (1995) *En: Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins*. Eds. C.B. Ammerman, D.H. Baker y A.J. Lewis. Academic Press Inc. pp 83-94.
- CVB (1998) Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). **Centraal Veevoeder Bureau**, Lelystad, Países Bajos.
- DELLAERT, B.M., VAN DER PEET, G.F.V., JONGBLOED, A.W., BEERS, S. 1990. A comparison of different techniques to assess biological availability of feed phosphates in pig feeding. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, 38: 555-566.
- JONGBLOED, A.W., and KEMME, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. **Neth. Journal Agriculture Science** 38:567-75.
- JONGBLOED, A.W. y KEMME, P.A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. 1997 *En: XIII Curso de Especialización FEDNA*. Eds. P. García, C. de Blas y G.G. Mateos, Madrid. p: 191-201.
- MAYNARD , L. A; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. et al. 1984. **Nutrição animal**. 3ed. Rio de Janeiro Freitas Bastos, 726p.
- NUNES, I.J. 1998. **Nutrição Animal Básica** 2ed. Ed. FEP-MVZ/UFMG. Belo Horizonte, MG.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000.141p.
- SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Universidade Federal de Viçosa – UFV: 2001.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. 2003. **Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. INRA – Paris. (versão espanhola).
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1990. 165p.
- PEKAS , J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal. of Animal. Science**, v. 2, n.5, p. 1303-6, 1968.

Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de fontes inorgânicas para suínos em crescimento e em terminação

RESUMO - Foram utilizados 36 suínos mestiços, machos castrados, distribuídos em gaiolas de metabolismo, num delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 5 (metodologias x fases x tratamentos) com três repetições, para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo de quatro fontes de fósforo inorgânico e uma ração referência. Duas metodologias foram avaliadas, sendo a metodologia de coleta total de fezes e a do indicador fecal (Cr_2O_3), em duas fases de produção, utilizando-se 15 animais com peso médio de 25 kg para a fase de crescimento e 15 animais com peso médio de 60 kg para a fase de terminação. Seis animais foram utilizados ainda num tratamento composto por uma dieta com baixo teor de fósforo a fim de estimar as perdas endógenas de fósforo nos animais, nas diferentes fases, e determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo dos alimentos. Os coeficientes médios de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo encontrados foram 66,48 e 66,44% para o fosfato bicálcico; 80,62 e 80,58% para o fosfato monocálcico; 76,25 e 76,13% para o fosfato monobicálcico e 61,54 e 61,81% para a farinha de ossos autoclavada. Não há diferenças entre as metodologias avaliadas e entre a média dos coeficientes obtidos nas diferentes fases ($P>0,05$), podendo ser utilizados valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira na formulação de rações para suínos.

Palavras-chave: coleta total de fezes, fósforo digestível, suínos, óxido crômico

Apparent and True Digestibility Coefficients of Phosphorus of Inorganic Sources for Swines in Growth and Finishing Phases

ABSTRACT – In order to determine phosphorous digestible coefficients of four sources of inorganic phosphorus, crossbred barrows were used, placed in metabolism cages, in randomized experimental design, with a factorial arrangement 2 x 2 x 5 (methodologies x phases x treatments) with three replicates. An evaluation of different methodologies, total collect and fecal marker (Cr_2O_3), in two production phases, used 15 animals with 25 kg of body weight for growing phase and 15 animals with 60 kg of body weight for finishing phase. To estimate phosphorous endogenous losses, six animals were used in a treatment composted with a low phosphorus content diet, in different phases, to determine the true phosphorus digestible coefficients of feedstuffs. The apparent and true digestibilities coefficients of phosphorus obtained were: 66,48 and 66,44% for the dicalcium phosphate; 80,62 and 80,58% for the monocalcium phosphate; 76,25 and 76,13% for the monodicalcium phosphate and; 61,54 and 61,81% for the autoclaved bone meal sources. There wasn't detected any difference between the methodologies and among the meal values of the digestibility coefficients obtained in both phases ($P>0,05$). True digestible coefficient means values can be used in swine diets formulation.

Key words: chromium oxide, digestible phosphorus, swine, total feces collection

Introdução

As rações para suínos são compostas basicamente por ingredientes de origem vegetal, que possuem o fósforo em sua maior parte sob a forma de compostos orgânicos indisponíveis para os animais, como fósforo fítico e suas formas complexadas. Para atender as necessidades dos animais, faz-se necessária, portanto, à suplementação com fontes de fósforo inorgânico, forma na qual o fósforo é absorvido no sistema digestivo dos animais.

O fósforo é considerado elemento essencial para a formação da estrutura óssea e participa de inúmeros processos metabólicos, como a formação de membranas celulares e para utilização e transferência de energia (na forma de ATP). Uma deficiência em fósforo nos animais jovens resulta em depressão do crescimento e raquitismo, trazendo sérios prejuízos a produção animal.

Visando complementar o fornecimento do mineral fósforo aos animais com uma fonte mais disponível, tem-se utilizado a suplementação de fósforo inorgânico, normalmente com o fosfato bicálcico, mas esta suplementação acaba por aumentar os custos da formulação da ração.

A busca por fontes alternativas, como outros fosfatos e também a farinha de ossos, resíduo da produção de carnes que possui grande quantidade de fósforo na forma inorgânica, pode ser uma alternativa para a formulação de rações com custo reduzido. Porém, a utilização destas e outras fontes alternativas devem estar atreladas ao conhecimento dos valores de utilização biológica do fósforo pelos animais, pois o fósforo não absorvido é liberado nas fezes trazendo problemas de contaminação ambiental, o que na prática, já vem limitando a produção de suínos em muitos países da Europa (Jongbloed et al., 1997).

Muitos trabalhos têm sido realizados para estimar o fósforo disponível nas diferentes fontes de fosfato, mas os resultados, de modo geral, têm apresentado grande variação, devido ao uso de metodologias diferentes e a falta de padronização dos fosfatos (Gomes et al., 1989; Dellaert et al., 1990). Alia-se a isso, que o nível de inclusão baixo dos ingredientes avaliados aumenta a variação dos resultados (Fan et al. 1995).

A biodisponibilidade dos fósforos nos ingredientes é medida por estudos de digestibilidade, estimando indiretamente o fósforo disponível através de medidas de utilização digestiva (absorção) ou por análises de regressão, onde se obtém valores relativos em relação a uma fonte aleatória do nutriente avaliado, tida como padrão, normalmente o fosfato bicálcico (Rebollar et al., 1999). Jongbloed and Kemme (1990) sugerem que a disponibilidade do fósforo pode ser estimada através dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo dos alimentos.

Este trabalho foi então realizado com objetivo de determinar os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de fontes inorgânicas de fósforo que podem ser utilizados na formulação de rações para suínos em crescimento e terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 2003 a março de 2004.

Foram utilizados 36 suínos, machos castrados, provenientes de uma granja comercial com bom status sanitário, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 x 5 (metodologias x fases x tratamentos), sendo os tratamentos compostos por quatro fontes de mineral inorgânico e uma ração referência, com três repetições por tratamento.

As metodologias avaliadas foram as da coleta total de fezes e a do indicador fecal – óxido crômico (Cr_2O_3), utilizadas simultaneamente.

Foram utilizados 15 animais com peso médio de 25 kg na fase de crescimento e 15 animais com peso médio de 60 kg na fase de terminação, distribuídos em três repetições por tratamento.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, ripado nas laterais e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um período de 12 dias, sendo

sete de adaptação às gaiolas e às rações experimentais, e cinco dias de coleta de fezes.

Uma ração referência foi utilizada nas fases de crescimento e terminação, suplementadas com aminoácidos sintéticos e contendo 0,17% de fósforo total, de modo a atender as exigências dos animais segundo Rostagno et al. (2000), exceto para fósforo - Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal da ração referência

Ingrediente	Quantidade %
Milho	40,59
Farinha de milho	20,00
Açúcar	10,00
Amido	10,00
Farelo de soja (45%)	8,00
Óleo	2,80
Plasma sangüíneo	2,73
Calcário	2,16
Concentrado protéico de soja	1,50
Sal	0,21
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,06
BHT	0,01
Inerte	1,00
L-Lisina HCl	0,44
DL-Metionina	0,16
L-Treonina	0,15
L-Triptofano	0,06
Total	100
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	12,20
Energia Digestível(Kcal / Kg)	3.602
Fibra Bruta (%)	1,62
Cálcio (%)	0,88
Fósforo Total (%)	0,17

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

As fontes avaliadas substituíram a ração referência em quantidades variadas, fornecendo cada uma delas 0,20% de fósforo total. A percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e o conteúdo de fósforo total (calculado e analisado) das dietas experimentais encontra-se na Tabela 2. A cada dieta foram adicionados 0,5% de óxido crômico (Cr_2O_3), como indicador fecal, em substituição ao inerte.

Tabela 2 – Percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e conteúdo de fósforo total (Pt) das dietas experimentais (matéria natural)

	Conteúdo Fósforo ¹	Pt Fornecido	Subst. do alimento ²	Pt dieta experim. ³	Pt dieta experim. ⁴
Fosfato bicálcico	18,50	0,20	1,08	0,328	0,373
Fosfato Monocálcico	20,50	0,20	0,98	0,368	0,377
Fosfato Monobicálcico	18,50	0,20	1,08	0,329	0,395
Farinha Ossos Autoclavada	9,30	0,20	2,15	0,366	0,429

1- Tabelas Brasileiras, 2000.

2 - Substituição do alimento na matéria natural.

3 - Valores calculados.

4 - Valores analisados.

Para determinar as perdas de fósforo endógeno, excretado nas fezes, nas respectivas fases (crescimento e terminação), utilizou-se seis suínos, sendo três animais com peso médio de 25 kg e três com peso médio de 60 kg, alimentados com uma ração com baixo conteúdo de fósforo (0,03%) - Tabela 3.

A quantidade de ração a ser fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico dos animais ($\text{kg}^{0,75}$). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, as 8:00 e 17:00 hs e água era fornecida a vontade.

Tabela 3 – Composição centesimal da ração de baixo fósforo %

Ingrediente	Quantidade (%)
Farinha de milho	29,90
Açúcar	25,00
Amido	25,00
Plasma sangüíneo	7,51
Sabugo de milho moído	4,00
Óleo de soja	4,00
Calcário	2,50
Mistura mineral ¹	0,13
Mistura vitamínica ²	0,07
Sal	0,09
BHT	0,01
L-Lisina	0,50
DL-Metionina	0,48
L-Treonina	0,24
L-Triptofano	0,07
Óxido crômico	0,50
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	8,79
Energia Digestível (Kcal / kg)	3.660
Fibra Bruta (%)	1,78
Cálcio (%)	0,98
Fósforo total (%)	0,03

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g; Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Informações referentes aos valores analisados da composição parcial das fontes de fósforo inorgânico, da ração referência e da ração com baixo conteúdo de fósforo encontram-se na Tabela 4.

As fezes excretadas em um período de 24 horas foram pesadas e homogeneizadas diariamente, coletadas alíquotas de 20%, acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta (cinco dias). Após o período de coleta, as amostras, compostas por animal, foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas e armazenadas em recipientes de vidro.

Tabela 4 – Composição centesimal das fontes minerais e das rações referência e baixo conteúdo de fósforo (matéria natural)¹

	MS (%)	Ca (%)	P Total (%)
Ração referência	89,12	0,88	0,21
Fosfato bicálcico	97,65	24,50	18,50
F. monocálcico	94,22	18,60	21,35
F. monobicálcico	96,33	20,00	20,41
F. ossos autoclavada	91,26	25,00	12,78
Ração de baixo fósforo	90,16	0,98	0,02

1 - Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Análises dos teores de matéria seca, fósforo total e óxido crômico foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva (1998).

Foram determinados o consumo de matéria seca (g), consumo de fósforo total, da ração basal e dos alimentos (g), fósforo fornecido pelo alimento e pela ração basal (%), fósforo na ração e nas fezes (%), excreção de fósforo (g), fator de indigestibilidade das dietas experimentais, fator de indigestibilidade endógena e fósforo excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo teor de fósforo (fósforo endógeno, g).

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo dos alimentos utilizando a metodologia da coleta total e do indicador fecal foram obtidos por meio das seguintes equações:

1. Metodologia da coleta total:

1.1. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) – (Jongbloed & Kemme, 1990):

$$\text{CDAP (\%)} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado fezes (g)} \times 100}{\text{P ingerido (g)}}$$

1.2. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP):

$$\text{CDVP (\%)} = \frac{[\text{P ingerido (g)} - (\text{P excr. Fezes (g)} - \text{P endógeno})] \times 100}{\text{P ingerido (g)}}$$

2. Metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI):

$$FI = \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes}}$$

2.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo (CDAP) - (Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977):

$$CDAP (\%) = \frac{\% P \text{ dieta} - (\% P \text{ fezes} \times FI)}{\% P \text{ dieta}} \times 100$$

2.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo (CDVP) - (Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977):

$$CDVP (\%) = \frac{\%P \text{ dieta} - (\%P \text{ fezes} \times FI - \%Pe \times Fie)}{\% P \text{ dieta}} \times 100$$

Onde:

Fie = Fator de indigestibilidade da dieta baixo fósforo.

Pe = fósforo endógeno excretado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida de teste de médias utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

Resultados e Discussão

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo obtidos nas diferentes fases, por meio das metodologias do indicador fecal e da coleta total, encontram-se nas tabelas 5 e 6.

Não houve diferenças entre as metodologias estudadas ($P > 0,05$), o que pode ser verificado nos valores médios dos coeficientes de digestibilidade, nas diferentes fases (crescimento e terminação). Estes resultados estão de acordo com Gomes et al. (1989), que não encontraram diferenças ao avaliar as mesmas metodologias na obtenção dos coeficientes de digestibilidade do fósforo em três diferentes fosfatos.

Foi verificada influência da idade ($P < 0,05$) nos valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira em duas das quatro fontes avaliadas, mas quando comparados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira obtidos nas diferentes fases, não houve diferenças ($P > 0,05$). Segundo Rebollar et al. (1999), o maior tempo de retenção da digesta nos animais adultos, em relação aos mais jovens, e o pH mais baixo encontrado no estômago destes animais, poderia favorecer a solubilização do fósforo e sua conseqüente absorção, fato este não evidenciado neste trabalho.

Quando comparados às médias dos coeficientes de digestibilidade aparente em relação à verdadeira, em uma mesma fonte, os valores não apresentaram diferenças. A determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeira ocorre com a contribuição das informações referentes à perda endógena de fósforo. No caso de alimentos com maior conteúdo de fósforo, a fração endógena contribui em menor proporção do conteúdo total de fósforo que chega às fezes, não influenciando os valores de digestibilidade encontrados.

O fosfato monobásico apresentou os maiores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira em relação às outras fontes, havendo maiores coeficientes na fase de terminação ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo das fontes inorgânicas, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e terminação

Alimentos	Crescimento			Terminação			Média geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Média ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Média ± EP ¹	
Fosfato Bicálcico	66,24	56,86	61,55 ± 7,34 a	71,49	71,34	71,41 ± 1,85 a	66,48
Fosfato Monocálcico	87,99	84,68	86,34 ± 3,60 a	68,03	64,30	66,17 ± 6,35 b	76,26
Fosfato Monobicálcico	69,48	69,64	69,56 ± 2,88 b	91,00	92,34	91,67 ± 1,72 a	80,62
Farinha de ossos autoclavada	68,53	51,37	59,95 ± 4,58 a	66,848	59,42	63,13 ± 5,01 a	61,54
Média Método ± EP ²	73,06 ± 2,62 a	65,64 ± 2,72 a		74,34 ± 2,06 a	71,85 ± 3,13 a		
Média da fase ± EP ²			69,35 ± 1,91 a			73,09 ± 1,84 a	

Coeficiente de variação = 16,36 %. Médias com letras iguais, minúsculas na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P < 0.05).
 1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase.

Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo das fontes inorgânicas, utilizando diferentes metodologias, para suínos em crescimento e terminação

Alimentos	Crescimento			Terminação			Média geral (%)
	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Média ± EP ¹	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Média ± EP ¹	
Fosfato bicálcico	66,68	57,29	61,98 ± 7,35 a	71,89	69,91	70,90 ± 1,90 a	66,44
Fosfato monocálcico	88,32	84,99	86,65 ± 3,60 a	68,38	62,83	65,60 ± 6,41 b	76,13
Fosfato monobicálcico	69,76	69,96	69,96 ± 2,89 b	91,36	91,04	91,20 ± 1,69 a	80,58
Farinha de ossos autoclavada	69,17	51,88	60,53 ± 4,56 a	67,42	58,77	63,09 ± 5,11 a	61,81
Média Método ± EP ²	73,48 ± 2,61 a	66,03 ± 2,71 a		74,76 ± 2,05 a	70,64 ± 3,11 a		
Média da fase ± EP ²			69,76 ± 1,90 a			72,70 ± 1,84 a	

Coeficiente de variação = 16,34 %. Médias com letras diferentes, minúsculas na mesma linha, diferem entre si pelo teste Newman-Keul's (P < 0.05).
 1- Médias ± erro-padrão da média. 2- Comparação de médias entre as metodologias, na fase..

Valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira encontrados neste trabalho foram semelhantes aos referendados em CVB (1998) e por Sauvante et al.,(2003), que correspondem a 82,00 e 83,00%, respectivamente.

Em se tratando de fontes minerais, o aproveitamento do fósforo está diretamente relacionado à sua solubilidade em meio ácido digestivo, o que facilitaria a sua absorção (Rebollar et al., 1999). No caso do fosfato monobásico, apesar de possuir custo mais elevado que o fosfato dibásico, os altos valores de digestibilidade do fósforo encontrada associada a valores baixos de B-value, podem torná-lo uma alternativa atraente na formulação de rações com baixa capacidade tampão.

Os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira encontrados neste trabalho para o fosfato monobásico apresentaram-se maiores na fase de crescimento em relação à fase de terminação ($P < 0,05$). Apesar de parecer ter havido diminuição nos valores de coeficientes de digestibilidade na fase de terminação, sem explicação aparente, quando comparados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira para as duas fases avaliadas, os valores mostraram-se coerentes com os apresentados pelo CVB (1998), que correspondem a 83,00%, obtidos com animais em crescimento e terminação. O fosfato monobásico, porém, apesar dos bons valores de digestibilidade do fósforo obtidos, ainda se encontra pouco disponível no mercado.

O fosfato dibásico apresentou valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira semelhantes entre as diferentes fases avaliadas, com valores numericamente superiores na fase de terminação, discordando de Gomes et al. (1989a), que encontraram valores maiores de coeficientes de digestibilidade na fase de crescimento. Os valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira obtidos, porém, concordam com os obtidos pelo mesmo autor, utilizando as mesmas metodologias (63,80 e 63,91%, respectivamente) e ainda, se apresentam semelhantes aos descritos pelo CVB (1998), que foi de 64,00%, para animais em crescimento e terminação.

Os menores valores de coeficientes de digestibilidade obtidos para o fosfato bicálcico em relação aos outros fosfatos avaliados concordam com os dados encontrados na literatura, que citam uma maior solubilidade do fosfato monobicálcico e monocálcico em relação ao bicálcico, o que aumentaria a utilização digestiva do fósforo destas fontes nos animais monogástricos (Jongbloed et al., 1997).

A farinha de ossos autoclavada apresentou os menores valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira em relação às demais fontes avaliadas, não havendo diferenças entre a digestibilidade aparente e verdadeira e, nem influência da idade sobre os valores encontrados. Os valores descritos em CVB (1998) apresentaram-se superiores em relação aos encontrados neste trabalho, que correspondem a 74,00 e 61,54%, respectivamente, diferenças estas que podem estar associadas à matéria prima, ao processamento a qual são submetidas e a granulometria final do produto.

Com relação às fontes de origem mineral, podemos ressaltar ainda as possíveis variações entre os diferentes produtos e entre o mesmo produto de diferentes partidas, diferenças estas atribuídas à composição e a estrutura física na qual se apresentam (Jongbloed et al. 1997).

O fósforo endógeno foi determinado a partir das metodologias de coleta total e do indicador fecal, realizada através de uma dieta com baixo conteúdo de fósforo (0,02%). As perdas de fósforo endógeno nas fezes para animais em crescimento e em terminação, respectivamente, foram estimadas em 0,62 e 0,96 g/kg de ração ingerida (matéria seca). Gomes et al. (1989b) obtiveram estimativas das perdas de fósforo endógeno nas fezes na ordem de 0,80 g/kg para animais em crescimento e 0,91 g/kg para animais em terminação, utilizando uma ração com baixo conteúdo de fósforo, o que corroboram com os valores encontrados para animais em terminação obtidos neste experimento. Ajakaiye et al. (2003) por sua vez, avaliando dietas a base de milho e farelo de soja, com níveis de fósforo total variando de 0,09% a 0,36%, para suínos em crescimento (20 a 50 kg), determinaram ser as perdas de fósforo endógeno nas fezes constantes, sendo encontrado valores médios de 0,56 g/kg de ração ingerida.

O conteúdo de fósforo total e digestível verdadeiro das fontes de fósforo inorgânico, para as diferentes fases, encontra-se na tabela 7.

Tabela 7 - Conteúdo de fósforo total (Ptotal) e digestível verdadeiro (Pd) de fontes de fósforo inorgânico, nas fases de crescimento e terminação (%)

	P Total	Pd cresc	Pd term.
Fosfato bicálcico	18,50	11,47	13,12
F. monocálcico	21,35	18,47	14,01
F. monobicálcico	20,41	14,28	18,61
F. ossos autoclavada	12,78	7,74	8,06

Valores expressos na matéria natural.

Conclusões

A determinação dos valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo nas fontes de fósforo inorgânico avaliadas mostrou que não há diferenças entre as metodologias de coleta total e a do indicador fecal (Cr_2O_3), ambas podendo ser utilizadas na determinação dos coeficientes de digestibilidade deste mineral.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo obtidos com suínos em crescimento e terminação foram: 66,44% para o fosfato bicálcico; 76,13% para o fosfato monocálcico; 80,58% para o fosfato monobicálcico e; 61,81% para a farinha de ossos autoclavada.

Não foram encontradas diferenças entre as médias dos coeficientes de digestibilidade nas fases avaliadas e, portanto, pode-se concluir que valores médios de fósforo digestível verdadeiro podem ser utilizados na elaboração de rações para suínos em crescimento e terminação.

Referências Bibliográficas

- AJAKAIYE, A.; FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; HACKER, R.R.; FORSBERG, C. W.; PHILLIPS, J.P. 2003. Determination of true digestive utilization of phosphorus and the endogenous phosphorus outputs associated with soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science** 81:2766–2775.
- CVB (1998) Veevoedertabel: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen). **Centraal Veevoeder Bureau**, Lelystad, Países Bajos.
- DELLAERT, B.M., VAN DER PEET, G.F.V., JONGBLOED, A.W., BEERS, S. 1990. A comparison of different techniques to assess biological availability of feed phosphates in pig feeding. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, 38: 555-566.
- FAN, M. Z., T. ARCHBOLD, W. C. SAUER, D. LACKEYRAM, T. RIDEOUT, Y. GAO, C. F. M. DE LANGE, AND R. R. HACKER. 2001. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Journal of Nutrition** 131:2388–2396.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A.; PEREIRA, J.A.A.; Lima, J.A.F. 1989a. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de três fosfatos, determinada em suínos de 13 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 18 n. 1: 54 – 63.
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, P.M.A.; PEREIRA, J.A.A.; Lima, J.A.F. 1989b. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de cinco alimentos, determinada em suínos de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 18 n. 1: 77 – 90.
- JONGBLOED, A.W., and KEMME, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. **Neth. Journal Agriculture Science** 38:567–75.
- JONGBLOED, A.W. y KEMME, P.A. Disponibilidad del fósforo em ingredientes alimentícios para ganado porcino. 1997 En: **XIII Curso de Especialización FEDNA**. Eds. P. García, C. de Blas y G.G. Mateos, Madrid. p: 191-201.
- REBOLLAR, P.G. Y MATEOS, G.G. 1999. El fósforo em nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de disponibilidad. **XV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. p. 19-64.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV, 2000.141p.
- SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas.** Universidade Federal de Viçosa – UFV: 2000.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. 2003.**Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero.** INRA – Paris. (versão espanhola).
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1990. 165p.
- PEKAS , J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal. of Animal. Science**, v. 2, n.5, p. 1303-6, 1968.

CONCLUSÃO GERAL

Não há diferenças entre as metodologias da coleta total e do indicador fecal (Cr_2O_3), podendo ambas ser utilizadas na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de ingredientes utilizados na alimentação de suínos.

Devido às diferenças encontradas entre os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira dos alimentos de origem vegetal nas diferentes fases, recomenda-se o uso de valores de fósforo digestível verdadeiro de acordo com a fase de produção dos animais (crescimento e terminação).

Para os alimentos de origem animal e fontes do fósforo inorgânico não foram encontradas diferenças entre os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do fósforo nas diferentes fases, podendo ser utilizados valores médios de fósforo digestível verdadeiro na elaboração de rações para suínos em crescimento e terminação.

ANEXOS

Anexo 1 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos de origem vegetal

	Rações											
	Basal	B+M	B+SO	B+FG22	B+FG60	B+FAL30	B+FAL40	B+FT	B+FS	B+SEX	B+CPS	B+LEV
Consumo matéria seca, g	3863,26	3743,40	3709,39	3621,71	3612,25	4074,17	3675,14	3770,08	3814,40	3295,83	3959,55	3796,31
Consumo fósforo total, g	7,970	10,773	7,893	11,752	11,032	12,905	12,431	15,049	11,323	10,240	15,204	11,242
Consumo fósforo ração. refer.g	7,970	2,826	3,450	5,944	5,035	7,229	6,450	6,579	5,861	4,702	6,307	6,530
Consumo fósforo alimento, g	0,000	7,947	4,443	5,808	5,997	5,676	5,982	8,470	5,462	5,538	8,897	4,712
Excreção de fósforo, g	5,412	6,780	5,544	8,342	7,139	9,306	7,718	8,655	6,987	6,778	9,925	6,287
Fósforo endógeno excretado, g	2,268	2,197	2,177	2,126	2,120	2,392	2,157	2,213	2,239	1,935	2,324	2,228
Fósforo ração, %	0,206	0,288	0,213	0,325	0,305	0,317	0,338	0,399	0,297	0,311	0,384	0,296
Coef. dig. apar. Fósforo ração, %	32,09	37,07	29,76	29,01	35,29	27,891	37,918	42,491	38,291	33,807	34,722	44,077
Cons. fósforo dig. apar. total, g	2,558	3,993	2,349	3,410	3,893	3,600	4,714	6,394	4,336	3,462	5,279	4,955
Cons. fósforo digest. apar. ração ref, g	2,558	0,907	1,107	1,907	1,616	2,320	2,070	2,111	1,881	1,509	2,024	1,965
Cons. fósforo dig. apar. alimento, g	-	3,086	1,242	1,502	2,278	1,280	2,644	4,283	2,455	1,953	3,255	2,990
Coef. dig. apar. Fósforo alimento, %	-	38,83	27,954	25,87	37,98	22,54	44,20	50,57	44,95	35,26	36,59	63,46
Coef. dig. verd. Fósforo ração, %	60,55	57,46	57,35	47,10	54,51	46,423	55,272	57,196	58,066	52,701	50,009	63,899
Cons. fósforo dig. verd. total, g	4,825	6,190	4,526	5,535	6,014	5,991	6,871	8,607	6,575	5,396	7,603	7,184
Cons. fósforo dig. verd. ração ref, g	4,825	1,711	2,089	3,599	3,048	4,377	3,905	3,984	3,549	2,847	3,819	3,954
Cons. fósforo dig. verd. alimento, g	-	4,479	2,437	1,937	2,965	1,614	2,966	4,624	3,026	2,549	3,784	3,230
Coef. dig. verd. fósforo alimento, %	-	56,36	54,86	33,34	49,44	28,43	49,58	54,59	55,40	46,04	42,54	68,54

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de crescimento.

Anexo 2 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos de origem vegetal

	Rações											
	Basal	B+M	B+SO	B+FG22	B+FG60	B+FAL30	B+FAL40	B+FT	B+FS	B+SEX	B+CPS	B+LEV
Fósf. Alimento, %	-	0,335	0,218	0,784	0,512	0,996	1,090	1,458	0,561	0,545	0,986	0,747
Fósf. ração. refer, %	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,288	0,213	0,325	0,305	0,317	0,338	0,399	0,297	0,311	0,384	0,296
Fósforo fezes, %	2,056	2,421	2,110	2,006	2,220	1,934	2,072	2,214	2,388	1,718	3,141	1,886
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,081	0,084	0,082	0,126	0,099	0,121	0,118	0,118	0,091	0,134	0,096	0,109
FI endógena	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Fósf. excretado DBP ² , %	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775
Coef. dig.verd. fósf. ração, %	19,31	29,150	18,812	22,041	28,204	26,221	27,493	34,546	26,612	25,970	21,478	30,779
Fósf. digest. apar. total, %	-	3,140	1,485	2,590	3,111	3,384	3,418	5,199	3,013	2,659	3,265	3,460
Fósf. digest. apar. raç. refer, %	-	0,546	0,666	1,148	0,972	1,396	1,245	1,270	1,132	0,908	1,218	1,261
Fósf. digest. Alimento, %	-	2,595	0,819	1,443	2,139	1,988	2,172	3,928	1,882	1,751	2,048	2,199
Coef. dig. apar. Alimento, %	-	32,649	18,428	24,837	35,671	35,026	36,318	46,382	34,449	31,626	23,016	46,671
Coef. dig. verd. fósf. ração, %	50,54	51,541	49,097	41,900	49,303	46,564	46,543	50,689	48,319	46,710	38,259	52,538
Fósf. digest. verd. total, %	-	5,552	3,875	4,924	5,439	6,009	5,786	7,628	5,471	4,783	5,817	5,907
Fósf. digest. ração. refer, %	-	1,428	1,744	3,004	2,545	3,654	3,260	3,325	2,962	2,377	3,188	3,301
Fósf. digest. Alimento, %	-	4,124	2,131	1,920	2,894	2,355	2,526	4,303	2,509	2,406	2,629	2,606
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	51,896	47,972	33,054	48,261	41,495	42,229	50,801	45,932	43,455	29,549	55,302

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de Crescimento. FI = Fator de indigestibilidade. DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 3 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos de origem vegetal

	Rações											
	Basal	B+M	B+SO	B+FG22	B+FG60	B+FAL30	B+FAL40	B+FT	B+FS	B+SEX	B+CPS	B+LEV
Consumo matéria seca, g	7436,89	6277,47	6773,48	5910,23	7270,91	6126,03	6657,69	7225,76	6889,40	7180,35	7443,66	6452,09
Consumo fósforo total, g	15,342	18,065	14,413	19,177	22,205	19,405	22,520	28,843	20,451	22,311	28,583	19,107
Consumo fósforo ração. refer, g	15,342	4,739	6,300	9,699	10,134	10,870	11,684	12,610	10,586	10,244	11,858	11,098
Consumo fósf. alimento, g	0,000	13,327	8,112	9,478	12,072	8,535	10,836	16,233	9,865	12,067	16,725	8,009
Excreção de fósf., g	10,288	8,650	8,402	12,265	13,623	12,772	14,524	16,478	12,178	12,436	17,891	10,900
Fósf. endógeno excretado, g	5,488	4,632	4,998	4,361	5,365	4,520	4,913	5,332	5,084	5,298	5,493	4,761
Fósforo ração, %	0,206	0,288	0,213	0,325	0,305	0,317	0,338	0,399	0,297	0,311	0,384	0,296
Coef. dig. apar. fósf. ração, %	32,95	52,12	41,70	36,05	38,65	34,18	35,51	42,87	40,45	44,26	37,41	42,95
Cons. fósf. dig. apar. total, g	-	9,415	6,011	6,913	8,582	6,633	7,996	12,366	8,273	9,875	10,691	8,208
Cons. fósf. digest. apar. raç.ref, g	-	1,561	2,076	3,195	3,339	3,581	3,849	4,154	3,487	3,375	3,906	3,656
Cons. fósf. dig. apar. alimento, g	-	7,854	3,935	3,717	5,244	3,052	4,147	8,211	4,785	6,500	6,785	4,552
Coef. dig. apar. fósf. alimento, %	-	58,93	48,51	39,22	43,44	35,76	38,27	50,58	48,51	53,86	40,57	56,83
Coef. dig. Verd. fósf. ração, %	68,72	77,76	76,38	58,79	62,81	57,48	57,32	61,36	65,31	68,01	56,62	67,87
Cons. fósf. Dig. verd. total, g	-	14,047	11,009	11,274	13,947	11,154	12,909	17,698	13,357	15,173	16,184	12,969
Cons. fósf. Dig. verd. raç. refer, g	-	3,256	4,329	6,665	6,963	7,469	8,028	8,665	7,274	7,039	8,148	7,626
Cons. fósf. dig. verd. alimento, g	-	10,791	6,680	4,609	6,984	3,684	4,880	9,033	6,083	8,134	8,036	5,343
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	80,97	82,34	48,63	57,86	43,17	45,04	55,64	61,66	67,41	48,05	66,71

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de terminação.

Anexo 4 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos de origem vegetal

	Rações											
	Basal	B+M	B+SO	B+FG22	B+FG60	B+FAL30	B+FAL40	B+FT	B+FS	B+SEX	B+CPS	B+LEV
Fósforo Alimento, %	-	0,335	0,218	0,784	0,512	0,996	1,090	1,458	0,561	0,545	0,986	0,747
Fósforo Ração. refer, %	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,288	0,213	0,325	0,305	0,317	0,338	0,399	0,297	0,311	0,384	0,296
Fósforo fezes, %	2,157	1,953	2,150	1,810	2,483	2,004	1,971	1,828	2,661	1,587	3,058	1,970
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,077	0,087	0,074	0,131	0,089	0,117	0,133	0,131	0,087	0,130	0,092	0,093
FI endógena	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
Fósforo excretado DBP ² , %	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263
Coef. dig.verd. fósforo ração, %	19,01	40,75	25,07	26,94	27,55	26,30	22,28	40,10	22,34	33,63	26,82	37,90
Fósforo digest. Apar. total, %	-	7,362	3,613	5,166	6,118	5,103	5,017	11,566	4,568	7,502	7,665	7,242
Fósforo digest. Apar. ração. ref, %	-	0,901	1,198	1,844	1,927	2,067	2,222	2,398	2,013	1,948	2,255	2,110
Fósforo digest. alimento, %	-	6,460	2,415	3,322	4,191	3,036	2,795	9,168	2,555	5,555	5,411	5,132
Coef. dig. apar. alimento, %	-	48,49	29,77	35,04	34,72	35,57	25,79	56,48	25,90	46,03	32,35	64,08
Coef. dig. verd. fósforo ração, %	78,37	81,73	80,50	63,28	66,17	63,53	57,14	69,64	62,07	71,58	57,53	77,73
Fósforo digest. Verd. total, %	-	14,765	11,602	12,136	14,693	12,328	12,868	20,087	12,693	15,971	16,444	14,852
Fósforo digest. ração. refer, %	-	3,714	4,937	7,601	7,941	8,519	9,156	9,882	8,296	8,027	9,292	8,721
Fósforo digest. alimento, %	-	11,051	6,664	4,535	6,752	3,809	3,712	10,206	4,398	7,943	7,152	6,131
Coef. dig.verd. fósforo alimento, %	-	82,93	82,15	47,85	55,93	44,63	34,26	62,87	44,58	65,82	42,76	76,55

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de terminação. FI = Fator de indigestibilidade. DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 5 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos

	Rações						
	Basal	B+FC36	B+FC40	B+FPV	B+FPenas	B+FPeixe	B+SL
Consumo matéria seca, g	3863,26	3245,45	3355,73	3675,80	3461,22	3993,54	4199,89
Consumo fósforo total, g	7,970	12,918	14,337	17,781	8,352	10,764	12,526
Consumo fósforo ração. refer, g	7,970	6,514	6,700	6,454	5,562	7,907	6,743
Consumo fósforo alimento, g	0,000	6,404	7,638	11,328	2,790	2,858	5,783
Excreção de fósforo, g	5,412	6,903	7,268	9,758	4,848	5,973	5,756
Fósforo endógeno excretado, g	2,268	1,905	1,970	2,158	2,032	2,344	2,465
Fósforo ração, %	0,206	0,398	0,427	0,484	0,241	0,269	0,298
Coef. digest. apar. Fósforo ração, %	32,09	46,56	49,31	45,12	41,96	44,51	54,05
Cons. fósforo digest. apar. total, g	2,558	6,014	7,070	8,023	3,505	4,791	6,771
Cons. fósforo digest. apar. ração. refer, g	2,558	2,090	2,150	2,071	1,785	2,537	2,164
Cons. fósforo digest. apar. alimento, g	-	3,924	4,920	5,953	1,720	2,254	4,607
Coef. digest. apar. Fósforo alimento, %	-	61,27	64,42	52,55	61,63	78,88	79,66
Coef. Digest. verd. fósforo ração, %	60,55	61,31	63,05	57,26	66,28	66,29	73,73
Cons. fósforo digest. Verd. total, g	4,825	7,920	9,040	10,181	5,536	7,135	9,236
Cons. fósforo digest. Verd. ração. refer, g	4,825	3,944	4,057	3,908	3,368	4,787	4,083
Cons. fósforo digest. Verd. alimento, g	-	3,976	4,983	6,274	2,169	2,348	5,153
Coef. digest. verd. fósforo alimento, %	-	62,08	65,24	55,38	77,72	82,17	89,11

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de crescimento.

Anexo 6 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos

	Rações						
	Basal	B+FC36	B+FC40	B+FPV	B+FPenas	B+FPeixe	B+SL
Fósf. Alimento, %	-	7,26	7,06	2,07	0,36	1,77	0,62
Fósf. ração. refer, %	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,398	0,427	0,484	0,241	0,269	0,298
Fósforo fezes, %	2,056	2,658	2,783	2,622	1,348	1,873	2,357
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,081	0,087	0,093	0,111	0,115	0,091	0,066
FI endógena	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Fósf. excretado DBP ² , %	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775
Coef. dig.verd. fósf. ração, %	19,31	42,05	39,39	39,60	35,76	36,53	48,09
Fósf. digest. apar. total, %	-	5,432	5,648	7,041	2,987	3,932	6,024
Fósf. digest. apar. raç. refer, %	-	1,258	1,294	1,246	1,074	1,527	1,302
Fósf. digest. alimento, %	-	4,174	4,355	5,795	1,913	2,405	4,722
Coef.dig. apar. alimento, %	-	65,17	57,01	51,16	68,54	84,17	81,65
Coef. dig. verd. fósf. ração, %	50,54	58,23	54,48	52,92	62,46	60,43	69,70
Fósf. digest. verd. total, %	-	7,523	7,811	9,410	5,217	6,505	8,730
Fósf.digest. ração. refer, %	-	3,292	3,386	3,262	2,811	3,996	3,408
Fósf. digest. alimento, %	-	4,231	4,425	6,148	2,406	2,509	5,322
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	66,06	57,93	54,27	86,23	87,81	92,04

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de Crescimento. FI = Fator de indigestibilidade. DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 7 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos

	Rações						
	Basal	B+FC36	B+FC40	B+FPV	B+FPenas	B+FPeixe	B+SL
Consumo matéria seca, g	7436,89	6829,82	7200,36	7147,72	8548,04	6760,01	6529,70
Consumo fósforo total, g	15,342	27,185	30,764	34,577	20,627	18,221	19,475
Consumo fósforo ração. refer, g	15,342	13,707	14,375	12,549	13,735	13,384	10,484
Consumo fós. alimento, g	0,000	13,478	16,389	22,028	6,892	4,837	8,991
Excreção de fósf., g	10,288	14,813	14,903	20,811	10,108	9,304	9,641
Fós. endógeno excretado, g	5,488	5,040	5,313	5,274	5,641	4,988	4,818
Fósforo ração, %	0,206	0,398	0,427	0,484	0,241	0,269	0,298
Coef. digest. apar. fós. ração, %	32,95	45,51	51,56	39,81	50,99	48,94	50,50
Cons. fós. digest. apar. total, g	-	12,372	15,861	13,766	10,518	8,917	9,834
Cons. fós. digest. apar. raç. refer, g	-	4,516	4,736	4,134	4,525	4,409	3,454
Cons. fós. digest. apar. alimento, g	-	7,856	11,125	9,632	5,993	4,508	6,380
Coef. digest. apar. fós. alimento, %	-	58,29	67,88	43,72	86,96	93,19	70,96
Coef. Digest. verd. fós. ração, %	68,72	64,05	68,83	55,07	78,34	76,31	75,24
Cons. fós. digest. verd. total, g	-	17,412	21,175	19,040	16,159	13,905	14,653
Cons. fós. digest. verd. raç. refer, g	-	9,419	9,878	8,623	9,438	9,196	7,204
Cons. fós. digest. verd. alimento, g	-	7,993	11,297	10,417	6,721	4,709	7,449
Coef. digest.verd. fós. alimento, %	-	59,30	68,93	47,29	97,53	97,35	82,85

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de terminação.

Anexo 8 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nos alimentos de origem animal

	Rações						
	Basal	B+FC36	B+FC40	B+FPV	B+FPenas	B+FPeixe	B+SL
Fósf. Alimento, %	-	7,26	7,06	2,07	0,36	1,77	0,62
Fósf. ração. refer, %	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,398	0,427	0,484	0,241	0,269	0,298
Fósforo fezes, %	2,157	2,807	3,111	2,791	1,333	1,781	2,255
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,077	0,087	0,082	0,108	0,115	0,096	0,066
FI endógena	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
Fósf. excretado DBP ² , %	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263	1,263
Coef. dig.verd. fósf. ração, %	19,01	38,43	40,46	37,79	36,30	36,38	50,22
Fósf. digest. apar. total, %	-	10,449	12,448	13,067	7,488	6,628	9,780
Fósf. digest. apar. raç. refer, %	-	2,606	2,733	2,386	2,611	2,544	1,993
Fósf. digest. alimento, %	-	7,843	9,716	10,681	4,877	4,084	7,787
Coef.dig. apar. alimento, %	-	58,19	59,28	48,49	70,77	84,43	86,61
Coef. dig. verd. fósf. ração, %	78,37	68,06	68,07	62,17	85,18	80,13	89,76
Fósf. digest. verd. total, %	-	18,503	20,940	21,497	17,570	14,601	17,481
Fósf.digest. ração. refer, %	-	10,742	11,265	9,834	10,764	10,488	8,216
Fósf. digest. alimento, %	-	7,762	9,675	11,662	6,806	4,112	9,265
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	57,59	59,03	52,94	98,76	85,01	103,05

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de Terminação. FI = Fator de indigestibilidade. DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 9 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nas fontes minerais de fósforo

	Rações				
	Basal	B + Fosfato Bicálcico	B + Fosfato Monocálcico	B + Fosfato Monobicálcico	B + Farinha Ossos Autoclavada
Consumo matéria seca, g	3863,26	3521,86	4172,60	4171,86	3555,548
Consumo fósforo total, g	7,970	14,735	17,744	18,442	17,557
Consumo fósforo ração. refer,g	7,970	7,180	8,519	8,506	7,335
Consumo fós. alimento, g	0,000	7,556	9,225	9,936	10,222
Excreção de fósf., g	5,412	7,395	6,865	8,827	8,107
Fós. endógeno excretado, g	2,268	2,067	2,449	2,449	2,134
Fósforo ração, %	0,206	0,418	0,425	0,442	0,483
Coef. digest. apar. fós. ração, %	32,09	49,66	61,31	52,23	53,230
Consumo fós. digest. apar. total, g	-	7,318	10,879	9,633	9,346
Consumo fós. digest. apar. raç. ref., g	-	2,304	2,734	2,724	2,354
Consumo fós. digest. apar. alimento, g	-	5,014	8,145	6,909	6,992
Coef. digest. apar. fós. alimento, %	-	66,36	88,29	69,54	68,400
Coef. Digest. verd. fós. ração, %	60,55	63,84	75,11	65,42	65,980
Consumo fós. digest. verd. total, g	-	9,407	13,328	12,064	11,584
Consumo fós. digest. verd. raç. ref., g	-	4,347	5,158	5,150	4,441
Consumo fós. digest. verd. alimento, g	-	5,060	8,170	6,913	7,143
Coef. digest.verd. fós. alimento, %	-	66,97	88,56	69,58	69,876

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de crescimento.

Anexo 10 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nas fontes minerais

	Rações				
	Basal	B + Fosfato Bicálcico	B + Fosfato Monocálcico	B + Fosfato Monobicálcico	B + Farinha Ossos Autoclavada
Fósf. Alimento, %	-	18,150	21,350	20,419	12,777
Fósf. ração. refer, %	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,418	0,425	0,442	0,483
Fósforo fezes, %	2,056	2,802	2,075	2,756	3,104
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,081	0,092	0,096	0,088	0,097
FI endógena	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Fósf. excretado DBP ² , %	0,775	1,021	1,021	1,021	1,021
Coef. dig.verd. fósf. ração, %	19,31	38,273	53,295	45,261	37,749
Fósf. digest. apar. total, %	-	5,640	9,456	8,347	6,628
Fósf. digest. apar. ração. refer, %	-	1,386	1,645	1,643	1,416
Fósf. digest. alimento, %	-	4,253	7,811	6,704	5,211
Coef.dig. apar. alimento, %	-	56,292	84,679	67,479	50,980
Coef. dig. verd. fósf. ração, %	50,54	53,966	68,557	59,838	51,092
Fósf. digest. verd. total, %	-	7,952	12,164	11,035	8,970
Fósf.digest. ração. refer, %	-	3,629	4,305	4,299	3,707
Fósf. digest. alimento, %	-	4,323	7,859	6,736	5,263
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	57,221	85,195	67,799	51,488

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de crescimento. 1- FI = Fator de indigestibilidade. 2 -DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 11 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nas fontes minerais

	Rações				
	Basal	B + Fosfato Bicálcico	B + Fosfato Monocálcico	B + Fosfato Monobicálcico	B + Farinha Ossos Autoclavada
Consumo matéria seca, g	7436,89	9161,60	6286,25	7180,07	7815,47
Consumo fósforo total, g	15,342	38,333	26,732	31,740	37,744
Consumo fósforo ração. refer, g	15,342	18,677	12,834	14,640	15,768
Consumo fósf. alimento, g	-	19,656	13,898	17,100	21,976
Excreção de fósf., g	10,301	18,124	13,197	11,347	17,696
Fósf. endógeno excretado, g	5,488	6,760	4,639	5,298	5,767
Fósforo ração, %	0,206	0,418	0,425	0,442	0,483
Coef. digest. apar. fósf. ração, %	32,86	52,71	50,63	64,25	53,12
Consumo fósf. digest. apar. total, g	-	20,208	13,535	20,393	20,048
Consumo fósf. digest. apar. raç. refer, g	-	6,153	4,228	4,823	5,195
Consumo fósf. digest. apar. alimento, g	-	14,055	9,307	15,570	14,853
Coef. digest. apar. fósf. alimento, %	-	71,51	66,96	91,05	67,59
Coef. Digest. verd. fósf. ração, %	68,63	70,34	67,98	80,94	68,39
Consumo fósf. digest. verd. total, g	-	26,968	18,174	25,691	25,815
Consumo fósf. digest. verd. raç. refer, g	-	12,834	8,819	10,059	10,835
Consumo fósf. digest. verd. alimento, g	-	14,135	9,355	15,632	14,980
Coef. digest.verd. fósf. alimento, %	-	71,91	67,31	91,41	68,17

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta total na fase de Terminação.

Anexo 12 - Valores médios de balanço de fósforo e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de fósforo nas rações e nas fontes minerais de fósforo

	Rações				
	Basal	B + Fosfato Bicálcico	B + Fosfato Monocálcico	B + Fosfato Monobicálcico	B + Farinha Ossos Autoclavada
Fósf. Alimento, %	-	18,15	21,35	20,42	12,78
Fósf. ração. refer, %	0,206	0,21	0,206	0,206	0,206
Fósforo Ração, %	0,206	0,418	0,425	0,442	0,483
Fósforo fezes, %	2,157	2,88	2,524	2,416	3,109
FI Cr ₂ O ₃ ¹	0,077	0,08	0,096	0,076	0,089
FI endógena	0,093	0,09	0,093	0,093	0,093
Fósf. excretado DBP ² , %	1,263	1,26	1,263	1,263	1,263
Coef. dig.verd. fósf. ração, %	19,01	45,81	42,76	58,41	42,70
Fósf. digest. apar. total, %	-	17,56	11,431	18,540	16,117
Fósf. digest. apar. ração. refer, %	-	3,55	2,440	2,783	2,998
Fósf. digest. alimento, %	-	14,01	8,991	15,757	13,119
Coef.dig. apar. alimento, %	-	71,27	64,69	92,14	59,70
Coef. dig. verd. fósf. ração, %	78,37	73,99	70,49	85,09	67,12
Fósf. digest. verd. total, %	-	28,36	18,844	27,008	25,334
Fósf.digest. ração. refer, %	-	14,64	10,058	11,473	12,358
Fósf. digest. alimento, %	-	13,73	8,786	15,535	12,976
Coef. dig.verd. fósf. alimento, %	-	69,84	63,22	90,85	59,05

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal (Cr₂O₃) na fase de Terminação. 1- FI = Fator de indigestibilidade. 2 -DBP = Dieta com baixo conteúdo de fósforo.

Anexo 13 - ANOVA dos coeficientes de digestibilidade aparente (A) e verdadeira (B) dos alimentos de origem vegetal

Fontes de variação	GL	QM A	QM B
Total	131		
Total de Redução	43	354,61	567,95
Método	1	1201,42	212,98
Fase	1	1809,00*	5294,10*
Alimento	10	814,08*	1367,93*
Met*Fase	1	15,54	121,28
Met * Alimento	10	131,17	106,26
Fase* Alimento	10	191,42*	341,18*
Met*Fase*Alimento	10	85,57	63,97
Resíduo	88	89,09	

Coefficiente de variação: A = 23,69%, B = 17,66% e = 5%.

Anexo 14 - ANOVA dos coeficientes de digestibilidade aparente (A) e verdadeira (B) dos alimentos de origem animal

Fontes de variação	GL	QM A	QM B
Total	71		
Total de Redução	23	571,76	912,40
Método	1	0,65	59,35
Fase	1	61,29	118,44
Alimento	5	2168,53*	3683,84*
Met*Fase	1	27,79	0,65
Met * Alimento	5	101,37	155,22
Fase* Alimento	5	193,77	186,08*
Met*Fase*Alimento	5	148,60	136,23
Resíduo	48	95,90	

Coefficiente de variação: A = 14,30%, B = 12,76% e = 5%.

Anexo 15 - ANOVA dos coeficientes de digestibilidade aparente (A) e verdadeira (B) de fontes de fósforo inorgânico

Fontes de variação	GL	QM A	QM B
Total	47		
Total de Redução	15	430,79	425,43
Método	1	294,61	402,34
Fase	1	168,41	103,94
Alimento	3	918,91*	888,59*
Met*Fase	1	73,09	33,33
Met * Alimento	3	88,42	86,23
Fase* Alimento	3	946,86*	949,88*
Met*Fase*Alimento	3	21,04	22,58
Resíduo	32	135,73	135,45

Coefficiente de variação: A = 16,36%. B = 16,34% e = 5%.